corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 22 - 29 aprile 1961 un fascicolo lire 150 30° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

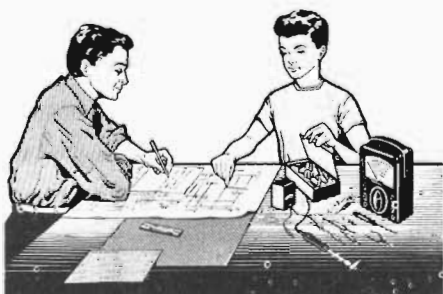
Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

SISTEMI di REGISTRAZIONE dei SUONI

Con l'evolversi della radiotecnica, e con la diffusione dei programmi musicali, si è sentita sempre più la necessità di creare dei dispositivi atti a fissare — per così dire — il suono, su un mezzo che ne consentisse la riproduzione per un numero indefinito di volte. Questa necessità, che ha dato origine ad un'altra, ben nota branca dell'elettronica, ha stimolato in primo luogo la ricerca di un metodo per registrare la sola voce umana, e ciò per conservare nel tempo la voce di noti cantanti o comunque di persone universalmente note, ed in seguito, per registrare la vera e propria musica, onde consentire l'ascolto di un brano favorito indipendentemente dalla disponibilità degli esecutori (orchestra, cantanti, ecc.) o dalla trasmissione attraverso la radio.

Ovviamente, anche in questo campo si è avuto uno sviluppo progressivo, in quanto — in un primo tempo — sono state effettuate registrazioni rudimentali ben lontane nei risultati da quelle che è possibile effettuare ai nostri tempi.

La possibilità di registrare i suoni con i vari metodi che stiamo per analizzare, ha consentito di superare notevoli difficoltà anche nel campo delle radio trasmissioni. Abbinata ai principi dell'alta fedeltà, la registrazione del suono ha infatti raggiunto una perfezione tale da rendere possibile la registrazione di interi programmi, parlati o musicali. Ciò ha permesso di effettuare — ad esempio — la trasmissione di una rappresentazione teatrale, mentre i medesimi attori eseguono un'altra diversa rappresentazione, direttamente in un locale pubblico. In altre parole, è stato possibile migliorare i programmi, indipendentemente dagli impegni di lavoro delle persone necessarie.

Questo non è però il solo vantaggio offerto dalla possibilità di registrare il suono. Chiunque sa come la cultura musicale sia oggi diventata parte integrante della cultura generale di una persona. Nulla ha favorito tale progresso più della possibilità di possedere dei dischi sui quali siano registrati i brani favoriti. Il commercio e lo scambio di detti dischi hanno consentito una tale diffusione della musica che ne è nata una vera e propria industria, di dimensioni e di importanza addirittura colossali.

Oltre a tutto ciò, vedremo ancora come la possibilità di registrazione sia stata vantaggiosamente impiegata anche in vari settori industriali, indipendentemente dal concetto di «voce» e di «musica». Esiste, infatti, una tecnica di registrazione degli « impulsi », che ha trovato un vastissimo campo di applicazioni nei cosiddetti « cervelli elettronici », nelle calcolatrici, nelle telescriventi, ecc.

Incidentalmente, aggiungiamo che — per ultimo — gli sviluppi ed i progressi conseguiti hanno consentito di registrare, oltre ai suoni più complessi con la massima fedeltà, persino — tradotte in segnali elettrici — le immagini, fisse o in movimento. Agli effetti delle trasmissioni, gli enti di emissione televisiva hanno avuto da quest'ultima innovazione, benefici ancora maggiori di quelli che le organizzazioni di emissione radiofonica hanno tratto dalla registrazione dei suoni.

Affinchè il lettore possa seguire l'evoluzione di questa tecnica, esamineremo separatamente i vari metodi e le relative applicazioni, sia dal punto di vista teorico che da quello pratico.

I DIVERSI SISTEMI

In seguito agli studi ed alle esperienze compiute in questo campo, sono stati creati tre sistemi di registrazione dei suoni: **meccanico, ottico, e magnetico.**

'Il sistema meccanico ha avuto una grande diffusione commerciale con la produzione dei dischi, specie — recentemente — con l'avvento della registrazione sui dischi microsolco a lunga durata (long playing).

Al secondo sistema, quello ottico, comunemente usato per sonorizzare le pellicole cinematografiche, si fa cenno in questa lezione più per completezza che per vero interesse tecnico, in quanto riguarda un settore affatto specializzato dell'elettronica; esso non trova applicazioni di uso comune in radiotecnica, essendo impiegato quasi esclusivamente nel campo della cinematografia.

La registrazione magnetica, preconizzata da Poulsen sin dal 1877, è quindi assai anteriore, come ritrovato, alla scoperta di Edison del fonografo, tuttavia, solo negli ultimi decenni essa è stata perfezionata in modo tale da superare la prima. Oggi, per le sue eccellenti prerogative, non raggiungibili con mezzi meccanici, essa viene usata — ripetiamo — anche per molte applicazioni professionali (calcolatori elettronici, registratori video ecc.). Per la sua particolare importanza, la registrazione magnetica sarà oggetto di una intera lezione.

LA REGISTRAZIONE MECCANICA

La tecnica della registrazione meccanica, che ha poi dato origine ad altri procedimenti ulteriormente esco-

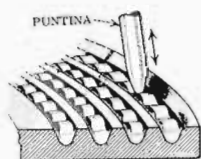



Fig. 1-A - Sistema di registrazione in senso verticale.

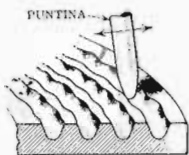



Fig. 1-B - Sistema di registrazione in senso laterale.

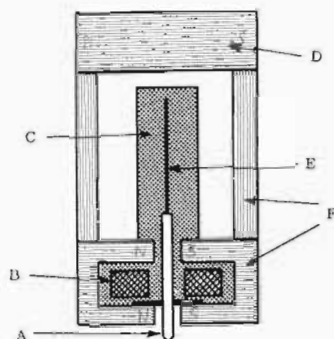



Fig. 2 - Testina per registrazione: A = stilo; B = bobina; C = liquido viscoso; D = magnete; E = ancoretta; F = espansioni.

Fig. 3 - Tipo di macchina per registrazione su disco. Sono visibili il motore (inferiormente), il piatto pesante, la testina ed il meccanismo di trascinamento di quest'ultima.

gitati, ha la sua cronistoria cui è bene fare un breve cenno.

Tra i vari studiosi che per primi si occuparono di questa applicazione, figurano in primo luogo Edison, che realizzò in America il primo esemplare di grammofono a cilindro, indi Cros, Berliner, Bell e Tainter, ciascuno dei quali apportò varie modifiche.

Il primo esemplare consisteva in un cono rigido, facente capo ad una membrana solidale con una punta di acciaio. Se la puntina di acciaio vibrava per effetto di onde sonore che, tramite il cono, colpivano la membrana, dette vibrazioni venivano incise su un foglio di stagnola avvolto su un cilindro che veniva fatto ruotare a mano. Durante la registrazione, che aveva inizio ad una estremità del cilindro, la puntina si spostava gradatamente e regolarmente, secondo un «passo», verso l'estremità opposta, ad opera di un meccanismo di trascinamento a vite. Terminata la registrazione, non restava che riportare la puntina al punto di partenza, e ripetere l'operazione senza produrre suoni in prossimità della bocca del cono. In tal caso la puntina seguiva le sue stesse incisioni, trasmettendole alla membrana, le cui oscillazioni mettevano in moto l'aria contenuta nel cono. All'uscita di quest'ultimo si manifestavano perciò onde sonore abbastanza simili a quelle originali.

Più tardi, il cilindro di stagnola fu sostituito da un cilindro di cera, con notevole diminuzione del rumore dovuto all'attrito, ma con minore durata dell'incisione. Fu solo qualche anno dopo che il cilindro venne sostituito da un vero e proprio disco, nel suo aspetto attuale.

La registrazione meccanica sul disco venne effettuata in due sensi: in senso verticale, ossia variando *la profondità* dell'incisione rispetto al piano del disco, e in senso laterale, variando *la larghezza* degli spostamenti della puntina sul piano del disco, in direzione del raggio del disco stesso. Quest'ultimo sistema è attualmente adottato universalmente, come vedremo tra breve. La **figura 1** illustra due solchi ingranditi, recanti i due tipi di registrazione.

In linea di massima, si può sintetizzare il processo mediante il quale viene prodotto un disco, come segue: l'uscita di un apposito amplificatore, al quale fa capo il microfono posto in prossimità della sorgente dei suoni da registrare, viene collegata ad una *testina di registrazione*, del tipo illustrato in **figura 2**. Il principio di funzionamento di questa testina è del tutto analogo a quello dell'altoparlante magnetico descritto a pag. 495, con la differenza che l'energia meccanica sviluppata determina vibrazioni della puntina di incisione invece che le vibrazioni di un cono.

Per quanto di uso meno comune, esistono anche testine di registrazione piezoelettriche, il cui funzionamento è basato sulle note proprietà del cristallo.

Mediante un sistema meccanico di trascinamento, la testina si sposta dalla parte esterna del disco verso il centro, lungo un raggio, e ciò per effetto di un accoppiamento meccanico tra il motore che provvede alla rotazione del piatto (a velocità rigorosamente costante), e la vite di trascinamento della testina. La **figura 3** illustra una delle prime macchine di registrazione.

Le vibrazioni conseguenti ai suoni vengono incise su un disco costituito da un supporto rigido rivestito di una vernice a base di acetato di cellulosa. Terminata la registrazione, la « matrice » così ottenuta, che è di materiale isolante, viene ricoperta dal lato inciso — mediante un procedimento chimico — con uno strato di argento puro, talmente sottile da non deturpare se non in modo trascurabile le caratteristiche dell'incisione.

Una volta ottenuta la matrice metallizzata, essa viene immersa in un bagno galvanico a base di solfato di rame, dove, grazie ad un effetto elettrolitico, lo strato sottile di argento viene rinforzato con uno strato di rame dello spessore di qualche decimo di millimetro.

Raggiunto un certo spessore, il « calco » di rame così ottenuto viene staccato dalla matrice di plastica. La superficie del calco, sulla quale è presente la registrazione, viene cromata onde conferirle una maggiore durezza, dopo di che essa può essere usata come stampo per « stampare », ripetutamente, a caldo, i veri e propri dischi, quelli cioè posti in vendita. A tale scopo si usano apposite presse, la cui pressione è tale da costringere la pasta che costituirà il disco a penetrare in tutti i punti dei solchi incisi.

Della riproduzione o *lettura* di un disco, ossia del procedimento inverso all'incisione, mediante il quale è possibile ricavare dal solco inciso il suono originale, ci occuperemo più avanti.

CARATTERISTICHE della REGISTRAZIONE su DISCO

Ci riferiamo, in queste note, alla moderna registrazione su disco caratterizzata da un solco a spirale di passo

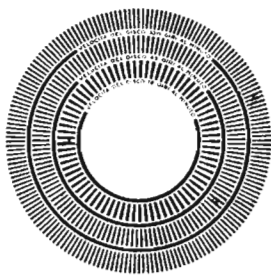



Fig. 4 - Disco stroboscopico adatto al controllo delle tre velocità, e precisamente: 33 giri (esterno), 45 giri (mediano) e 78 giri (interno).

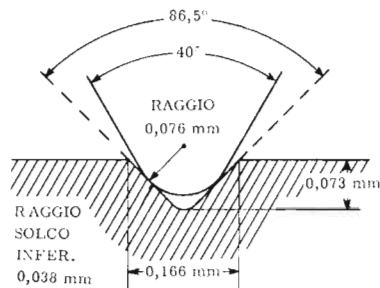



Fig. 5 - Caratteristiche dimensionali del solco, nei dischi normali (86,5°), e microsolco (40°). Si noti la diversa profondità.

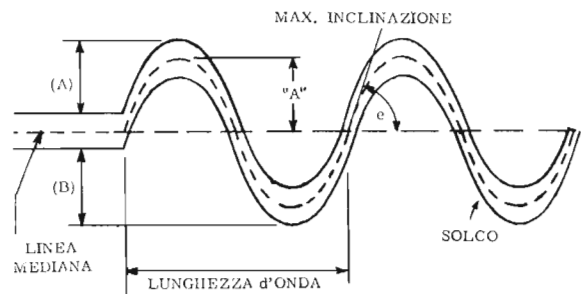



Fig. 6 - Caratteristiche di un solco non modulato (ossia rettilineo) all'inizio, e poi modulato lateralmente. (A) e (B) rappresentano l'ampiezza di modulazione, « A » l'ampiezza del picco rispetto alla linea mediana, ed « e » l'angolo di massima inclinazione del solco.

costante (cioè inciso in modo che il piano di vibrazione della puntina risulti orizzontale). Le incisioni verticali come già si è detto, sono infatti pressochè scomparse da molto tempo e ciò a causa delle notevoli distorsioni cui esse davano luogo.

In un primo tempo, in relazione alle possibilità limitate delle apparecchiature di registrazione, degli impianti di stampaggio, degli amplificatori di Bassa Frequenza e degli apparecchi di riproduzione, le caratteristiche della registrazione su disco sono state riferite universalmente alla velocità di 78 giri al minuto. In questo caso, per registrare un brano musicale di durata normale, è necessario occupare l'intera superficie di un lato del disco. Ciò costituisce un impedimento, specie nei casi in cui si desideri registrare brani di opere, o sinfonie, o ancora concerti, la cui durata è normalmente superiore a quella di una esecuzione di musica leggera.

A ciò occorre aggiungere che la struttura molecolare della pasta, usata fino a qualche anno fa per la stampa a caldo dei dischi, era tale da rendere inevitabile un certo fruscio durante la riproduzione, dovuto all'attrito tra la puntina di riproduzione ed il solco inciso.

Per superare tutti questi inconvenienti, si è cercato un materiale la cui struttura molecolare fosse tale da consentire la registrazione con un solco notevolmente più sottile, onde effettuare una registrazione con una densità di solchi molto maggiore sulla medesima superficie.

Nacque così la moderna tecnica di registrazione a **microsolco**, cosiddetta proprio perchè i solchi incisi sono molto più sottili rispetto a quelli della normale registrazione a 78 giri. Inoltre, la possibilità di incidere solchi — e quindi vibrazioni della puntina — molto più sottili, ha consentito la registrazione con velocità di rotazione notevolmente inferiore, e precisamente di 45, 33 e persino 16 giri al minuto.

L'avvento dei dischi microsolco, sia per la maggiore durata delle registrazioni, sia per la loro minore fragilità (sono infat i flessibili), sia per la minore rumorosità dovuta alle caratteristiche del materiale adottato, ha segnato una nuova era nel campo della musica registrata.

La produzione dei dischi microsolco ha pressochè annullato quella dei dischi normali, sebbene il costo risulti ancora un po' più elevato. L'affermazione è dovuta anche al fatto che un disco a 33 giri del diametro di 25 cm può alloggiare su un'unica facciata persino quattro registrazioni di durata pari a quella che può essere registrata sulla facciata di un disco a 78 giri del medesimo diametro.

Il disco ha le velocità di rotazione alle quali si è fatto cenno. Esse sono stabilite con accordi internazionali nei seguenti valori:

78 giri nominali = 77,92 ± 0,5% effettivi
45 giri nominali = 45,11 ± 0,5% effettivi
33 ⅓ giri nominali = 33 ⅓ ± 0,5% effettivi

L'esattezza di questi valori può essere controllata su qualsiasi giradischi mediante dischi stroboscopici illuminati da una lampadina accesa con tensione di rete a 50 Hz, del tipo illustrato in **figura 4**. Nel caso della tensione di rete a 50 Hz, il disco stroboscopico deve avere 77 bande oscure per i 78 giri, 133 per i 45 e 180 per i 33 giri.

Aggiungiamo, per maggior chiarezza, una breve nota sul principio dello stroboscopio. Dallo studio della corrente alternata, abbiamo appreso che — in ogni ciclo — la tensione raggiunge due volte il valore di picco e due volte il valore zero. Una lampada a filamento incandescente, alimentata con corrente alternata, non fornisce pertanto una luce costante, bensì una luce la cui intensità segue l'andamento della tensione. L'occhio umano non nota però tali variazioni di intensità della luce, sia perchè la loro frequenza (che ovviamente è doppia della frequenza della tensione) risulta elevata rispetto all'inerzia della retina, sia per l'inerzia del filamento stesso, il quale non riesce a raffreddarsi, ossia a spegnersi completamente, durante la frazione di secondo in cui la tensione è appunto pari a zero.

Se un disco stroboscopico (disco apposito recante le bande bianche e nere, come si è detto sopra) ruota con una velocità costante, e viene illuminato con una lampada a filamento alimentata con c.a., le barre bianche e nere appaiono in movimento soltanto quando non esiste un rapporto esatto tra la velocità di rotazione, il numero delle bande stesse, e la frequenza della tensione. Se invece ciascuno di questi valori è un multiplo o sottomultiplo degli altri due secondo un numero intero, le barre appaiono ferme pur essendo in movimento.

Il numero delle barre bianche e nere per i dischi stroboscopici di controllo relativi alle varie velocità, è appunto stato stabilito in modo tale che, se la velocità di rotazione è quella stabilita, (33 e ⅓, 45 o 78 giri al minuto), e se la frequenza della tensione che alimenta la lampada è di 50 Hz, il disco appare fermo.

La rotazione appare invece in senso orario se il disco

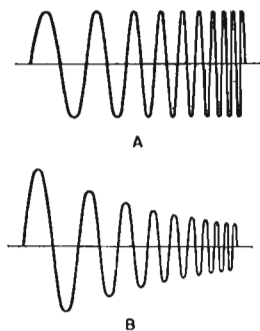



Fig. 7 - Rappresentazione grafica dell'incisione ad ampiezza costante (A) ed a velocità costante (B).

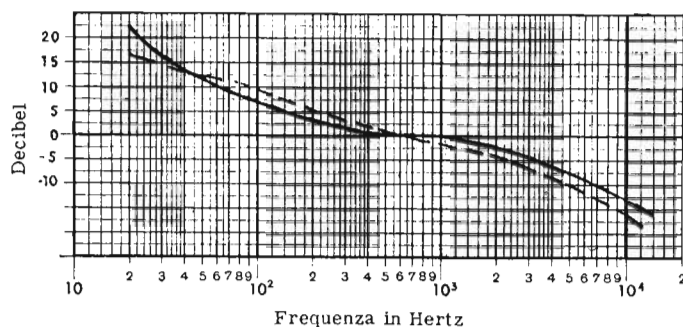



Fig. 8 - Rappresentazione della curva di risposta (RIAA), in tratto discontinuo, rispetto alla vecchia curva (AES), in tratto continuo.

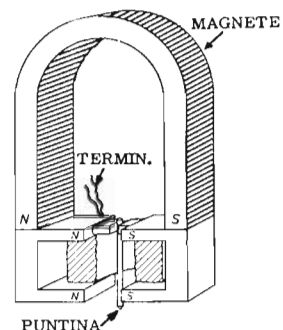



Fig. 9 - Testina per riproduzione. E' analoga a quella per registrazione, ma di struttura più semplice.

ruota con velocità superiore a quella stabilita, o in senso antiorario nel caso opposto. Il piatto dei giradischi ruota con la precisione indicata se in un minuto lo spostamento in un senso o nell'altro della immagine stroboscopica non supera le 35 barre.

Il profilo e le dimensioni di un solco normale e di un solco « micro » sono riportate in **figura 5.** Poichè il numero medio di solchi per centimetro varia da 35 a 60 per i dischi a 78 giri normali, e da 80 a 120 per i dischi microsolco a 45 e 33 giri, la durata approssimativa dei diversi tipi di disco è la seguente:

78 giri ∅ 25 cm, durata da 3 a 4,5 minuti
78 giri ∅ 30 cm, durata da 4,5 a 6 minuti
45 giri ∅ 17 cm, durata da 5 a 7 minuti
33 giri ∅ 25 cm, durata da 15 a 20 minuti
33 giri ∅ 30 cm, durata da 20 a 30 minuti

MODULAZIONE LATERALE del SOLCO

Nei dischi moderni, come abbiamo detto, le vibrazioni meccaniche incise sul disco sono contenute in un piano orizzontale; vale a dire, il solco a spirale (a passo costante) che dal bordo del disco si dirige verso l'interno, è modulato **lateralmente**, o meglio, compie delle sinuosità.

Occorre analizzare con qualche dettaglio questo tipo di modulazione perchè essa, oltre a costituire evidentemente il cardine della registrazione su disco, determina anche le modalità di funzionamento della testina riproduttrice, ed impone l'uso di adatti circuiti equalizzatori.

La **figura 6** illustra il significato di parole che ricorreranno spesso nel testo, ad esempio: solco non modulato, solco a spirale di passo costante ecc.

Con il termine « lunghezza d'onda » si intende la lunghezza di solco necessaria al tracciamento di una sinusoide completa. Essa risulta determinata da

$$l = v : f$$

nella quale v è la velocità di spostamento della puntina, ed f la frequenza del suono inciso. Come è ovvio, l, lunghezza d'onda, varia col variare di f, frequenza, e di v, velocità. Quest'ultima variabile risulta però determinata anche dalla posizione del solco registrato (periferica, mediana o centrale) perchè, ovviamente, a parità di velocità di rotazione del disco, la lunghezza della circonferenza dei singoli solchi varia a seconda della loro distanza dal centro, il che equivale a modificare la velocità relativa della puntina rispetto al disco. Dalla figura 6 si intuisce anche chiaramente il concetto di massima ampiezza e massima pendenza del solco.

Come si è detto all'inizio, i solchi incisi sulla superficie del disco vengono successivamente « letti » da una puntina fissata nel dispositivo di lettura, o testina di riproduzione, comunemente chiamata « pick-up ». Dei vari tipi di tali testine ci occuperemo tra breve.

L'ampiezza del solco determina la velocità trasversale della puntina, dato quest'ultimo di importanza fondamentale per il funzionamento di molti « pick-up », i quali sono sensibili — cioè dànno una tensione di uscita proporzionale — alla velocità di spostamento della puntina.

La velocità *trasversale* della puntina è nulla quando quest'ultima è giunta al picco di modulazione, perchè in tali istanti essa ha il solo movimento dovuto alla rotazione del disco, ed è massima invece sulla linea mediana del solco, cioè nel tratto di massima inclinazione, ove tale velocità assume il valore:

$$v_t = 2 \times 6{,}28 \times f\,A$$

in cui f è la frequenza del suono registrato, ed A l'ampiezza del picco di modulazione del solco. Il valore efficace di tale velocità è:

$$v_{t\,eff} = 1{,}41 \times 6{,}28 \times f\,A$$

Per definizione, si stabilisce *livello di registrazione di un suono* la velocità trasversale efficace assunta dalla puntina durante la riproduzione di un solco modulato con quel suono di frequenza ed ampiezza date. Il livello è misurato in dB. Per livello zero si pone una velocità trasversale efficace di 1 cm/sec a 1.000 Hz.

Definito il significato di ampiezza e di velocità laterale, è facile distinguere tra registrazione ad ampiezza di modulazione costante o a velocità di modulazione costante.

I primi dischi incisi direttamente mediante una puntina collegata ad un diaframma captatore di suoni erano incisi a *velocità trasversale* (livello) *costante*. Il loro principale inconveniente era che (per quanto visto nella formula), a parità di intensità sonora, due suoni di diversa frequenza venivano incisi in solchi di ampiezza (modulazione) differente. In pratica, ad ogni raddoppio della frequenza si otteneva un dimezzamento dell'ampiezza del solco. Alle frequenze molto basse e molto alte, i solchi risultavano rispettivamente troppo ampi e troppo ridotti. Nel primo caso, durante la riproduzione, la puntina riproduttrice poteva seguire il solco con difficoltà, in quanto, essendo imperniata a guisa di pendolo, causava una oscillazione anche nel senso verticale del « pick-

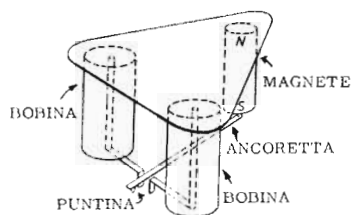



Fig. 10 - Principio della testina a riluttanza variabile. Si noti l'unico magnete, e l'ancoretta solidale con la puntina, che, vibrando, induce tensione nelle bobine.

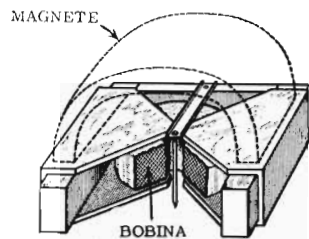



Fig. 10-bis - Altra versione della testina a riluttanza variabile. La sua sensibilità è leggermente maggiore.

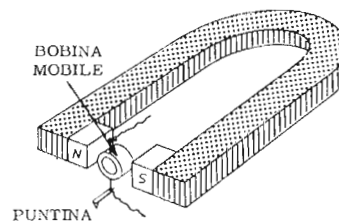



Fig. 11 - Principio del « pick-up » a bobina mobile. A parte la mancanza della membrana, sostituita dalla puntina, è analogo al microfono dinamico.

up » se le deviazioni laterali erano troppo ampie. Ciò introduceva distorsioni fortissime. Nel secondo caso, un solco troppo debolmente modulato dà una riproduzione affetta da fruscio, perchè le ondulazioni si confondono con le irregolarità del materiale costituente il disco. I vecchi dischi incisi con questo sistema avevano quindi bande passanti di frequenza molto strette e distorsioni assai elevate.

Si pensò pertanto di passare ad una registrazione laterale ad *ampiezza costante*. In tal caso, i suoni di diversa frequenza, ma di eguale intensità sonora, modulano il solco incidendo escursioni di ampiezza costante. La velocità trasversale (e quindi il livello di registrazione) è minima per le frequenze più basse e massima per le frequenze più elevate. Di conseguenza, in sede di riproduzione, è necessario disporre di un filtro equalizzatore la cui curva di risposta sia complementare a quella di registrazione, e compensi la differenza tra le frequenze ora citata. E' stato possibile arrivare ad una registrazione ad ampiezza costante, grazie soprattutto ai miglioramenti nella qualità dei materiali usati per la fabbricazione dei dischi, i quali sono oggi assai resistenti alla usura, nonchè al miglioramento dei circuiti elettronici, grazie ai quali è possibile incidere segnali anche di livello molto basso, pur mantenendo un rapporto segnale-disturbo assai soddisfacente.

La **figura 7** illustra graficamente i due sistemi di registrazione.

La caratteristica di incisione ad ampiezza costante è stata oggi internazionalmente concordata. Nota con la sigla *RIAA*, dal nome dell'Associazione americana che l'ha proposta, la curva di equalizzazione di registrazione è riportata in **figura** 8.

La pendenza di questa curva è, come è evidente, di 6 dB per ottava.

La GAMMA delle FREQUENZE REGISTRATE

Le attuali incisioni microsolco consentono riproduzioni fedeli da 30 a 20.000 Hz. Nonostante tutti gli accorgimenti, esse possono essere affette da un leggero fruscio intrinseco nel sistema meccanico, e ciò per il fatto che non è possibile nè disporre di puntine di lettura sempre geometricamente perfette, nè eliminare un certo logorio — seppur minimo — del solco. Se la curva di risposta di tutta la catena elettroacustica di riproduzione è lineare, il fruscio residuo non dà particolare disturbo.

Quest'ultimo è invece più fastidioso se vi sono elementi risonanti che possono metterlo in maggiore risalto rispetto alle restanti note musicali.

È qui opportuno distinguere tra il fruscio introdotto dal contatto meccanico tra la puntina ed il solco, e quello introdotto da altre sorgenti, quali — ad esempio — le eventuali vibrazioni del piatto giradischi (rumble).

Il SOLCO e la PUNTINA

Abbiamo già riportato le misure unificate dei moderni solchi normali e solchi « micro ». La puntina deve potersi adattare il più perfettamente possibile ad essi, sia per conseguire una riproduzione esente da distorsione, sia per ridurre al minimo l'usura del materiale costituente il disco (in genere a base di resine viniliche infrangibili).

Allo scopo di ridurre l'usura del solco, occorre assicurare che la pressione di appoggio, l'inerzia allo spostamento verticale ed orizzontale della puntina e del braccio del « pick-up », e le eventuali risonanze meccaniche, siano tutte comprese entro i limiti di sicurezza tollerati dal materiale del disco.

È in ogni modo consigliabile disporre di un braccio che applichi alla puntina il peso strettamente necessario a trattenerla nel solco, anche nel caso che i suoni registrati siano molto intensi. Il braccio deve avere una bassa inerzia orizzontale, allo scopo di non ostacolare lo spostamento ed il trascinamento imposto dalla puntina portata verso il centro del disco dal solco a spirale. Il « pick-up » deve essere montato in modo da ridurre l'errore di tangenzialità rispetto alla tangente del solco nel punto di applicazione della puntina, e ciò allo scopo di evitare particolari distorsioni ed una maggiore usura del solco stesso. La puntina non ammette uno spostamento in direzioni diverse da quelle trasversali all'asse del « pick-up », e per questo deve risultare effettivamente ortogonale al raggio del disco.

Il materiale della puntina deve essere molto duro (acciaio, zaffiro, o diamante) allo scopo di non scalfirsi rapidamente col pericolo di incidere le pareti del solco.

La puntina di zaffiro, contrariamente alle più correnti affermazioni, è tutt'altro che permanente. Essa deve essere cambiata con una certa frequenza e, preferibilmente, dopo qualche centinaio di riproduzioni.

Altra causa di danneggiamento del solco è la polvere. Con i dischi microsolco, fabbricati in vinilite, l'inconve-

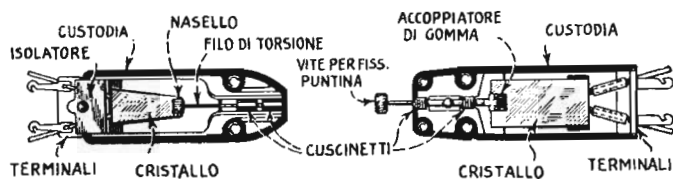



Fig. 12 - Struttura della testina di lettura del tipo piezoelettrico. A sinistra è il tipo a punta di zaffiro fissa. A destra il tipo a punta intercambiabile, fissata tramite una vite. In entrambi i tipi, il cristallo è generalmente annegato in una speciale sostanza anigroscopica che lo protegge dall'umidità esterna.

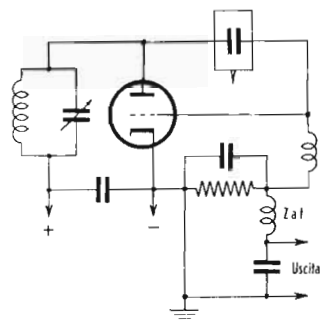



Fig. 13 - Impiego del « pick-up » elettrostatico. Esso, mediante le sue variazioni di capacità, fa variare la frequenza di un oscillatore.

niente è particolarmente sentito, data la facilità con cui questo materiale plastico si elettrizza. È buona norma conservare questi dischi in un sacchetto di politene (non di polivinile o « cellophan », che raccolgono la polvere anch'essi). È bene inoltre trattare questi dischi con liquidi antistatici almeno ogni 4-6 mesi.

Il « Pick - up » o TESTINA di LETTURA

Col termine di « pick-up » gli anglosassoni identificano il fonorivelatore, ossia il trasduttore che, collegato alla puntina, fornisce una tensione elettrica che varia linearmente in funzione dello spostamento meccanico della puntina stessa.

Un « pick-up », come qualsiasi altro componente della catena elettroacustica, deve avere una banda passante più larga possibile, esente nel contempo da distorsioni e da risonanze. Ciò può essere ottenuto assicurando un montaggio molto elastico della puntina, nonchè curando il dimensionamento delle masse in modo che la frequenza di risonanza propria dei vari componenti risulti al di fuori della banda passante, ed in ogni caso smorzata dalla presenza di adatte paste gelatinose (in genere siliconi). Questo risultato può dirsi quasi raggiunto quando, ascoltando direttamente il « pick-up », senza il collegamento ad alcun amplificatore, non si sente provenire da esso alcuna nota sonora durante la riproduzione di un disco.

Il peso del « pick-up », comunicato alla puntina, varia in funzione del tipo di braccio adottato per la sua sospensione meccanica. Esso, comunque, deve avere il valore prescritto dal fabbricante per il funzionamento lineare. Si fa in modo che tale peso sia compatibile con le esigenze di conservazione e di non danneggiamento del solco. In pratica, il peso varia dai 30 g per dischi normali a 5-6 g per dischi microsolco. Il peso minimo della puntina, sufficiente a mantenere la stessa nel solco anche in caso di forte modulazione, viene determinato dal costruttore con la prova McProud che consiste nel disporre un disco a 45 giri in condizioni di forte eccentricità (spostamento del foro di centro, di 30 mm lungo un raggio). Il peso applicato al « pick - up » viene ridotto gradualmente fino a che questo dia segni di instabilità meccanica durante la lettura del solco in tali condizioni, e tenda a fuoruscirne.

È tuttavia impossibile eliminare due risonanze principali; quella del braccio (di solito inferiore ai 100 Hz) e quella dell'armatura porta puntina, (dell'ordine di qualche migliaio di Hz). Queste risonanze, oltre a introdurre distorsione, aumentano l'usura del solco. L'inconveniente, strano a dirsi, è più notato nei dischi microsolco, ove la natura fisica del materiale adoperato per la fabbricazione ha la proprietà di ridurre notevolmente la frequenza di risonanza della armatura porta puntina, portandola ad un valore al quale l'orecchio umano è più sensibile. I « pick-up » piezoelettrici presentano inoltre una terza risonanza, oltre i 10.000 Hz, propria del cristallo in essi incorporato.

TIPI di TESTINE di LETTURA

I diversi tipi esistenti possono classificarsi in due categorie distinte: testine che dànno una certa tensione di uscita *in funzione della velocità trasversale* della puntina, e quindi del livello di registrazione, e testine che dànno una certa tensione *in funzione dell'ampiezza dello spostamento* della puntina.

Fanno parte del primo gruppo le testine a riluttanza variabile o magnetiche: fanno invece parte del secondo gruppo le testine piezoelettriche e ceramiche. Queste ultime, data la caratteristica di registrazione trasversale ad ampiezza costante (oggi universalmente adottata), non richiedono alcuna rete di equalizzazione per riprodurre un disco in modo fedele. Le testine piezoelettriche hanno invece il difetto — ripetiamo — di presentare una risonanza tra i 10 ed i 15 kHz, che deve essere compensata con appositi filtri *RC*. Le testine a riluttanza variabile richiedono un preamplificatore equalizzatore allo scopo di compensare la curva di incisione *RIAA*, e sono, dal punto di vista circuitale, più complesse e meno consigliabili, viste anche le eccellenti possibilità riproduttive delle testine ceramiche, che vedremo tra breve.

Testine elettromagnetiche o a ferro mobile. — Questo tipo è costituito da un magnete permanente su cui è avvolta una bobina di induzione (vedi **figura 9**). Una barretta di ferro, disposta nel traferro del magnete, viene posta in vibrazione dallo stilo porta puntina, e le variazioni di flusso magnetico inducono nella bobina una debole tensione che riproduce fedelmente la vibrazione incisa nel solco. Queste testine sono divise in tipi ad alta e bassa uscita, a seconda che la tensione da esse fornita si aggiri attorno ai 100 o ai 20 mV rispettivamente, du-

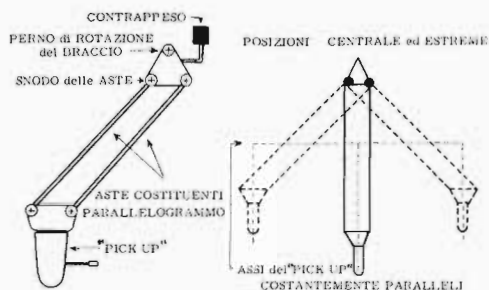



Fig. 14 - Correzione dell'errore di tangenzialità mediante un braccio a parallelogramma. Il sistema è analogo a quello del pantografo da disegno.

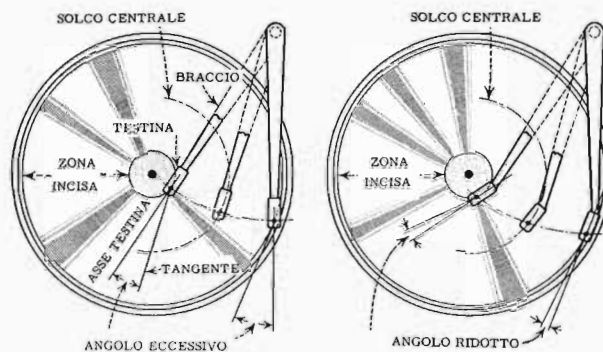



Fig. 15 - Correzione dell'errore di tangenzialità mediante curvatura del braccio. A sinistra condizioni con braccio diritto e, a destra, miglioramento in seguito alla curvatura: l'errore si riduce quasi a zero.

rante la riproduzione di segnali incisi ad un livello di +10 dB (3,16 cm/sec).

Dal momento che i moderni complessi fonoriproduttori devono necessariamente poter servire per la lettura sia di dischi normali che di dischi microsolco, e che il peso di una testina magnetica del tipo ora descritto è tale da essere completamente in antitesi con le esigenze di leggerezza dei dischi moderni, il « pick-up » magnetico è stato pressochè abbandonato.

Su un principio analogo funziona la testina a riluttanza variabile, illustrata in **figura 10**; essa non ha raggiunto larga diffusione in quanto caratterizzata da un costo elevato: non ha nè un rendimento molto maggiore nè un peso minore di quello consentito da una normale testina piezoelettrica.

Testine dinamiche a bobina mobile. — In queste testine la bobina, o avvolgimento mobile, è situata direttamente tra le espansioni polari di un magnete permanente, ed è posta in vibrazione dall'ancorina portapuntina. La tensione è, in questo caso, generata nell'avvolgimento che, muovendosi, viene a tagliare le linee di flusso magnetico del magnete permanente. Questo tipo di testina è influenzato da campi magnetici esterni (in particolare quello dello stesso motorino del giradischi), ed inoltre, a causa della sua impedenza molto bassa, richiede l'uso di un trasformatore elevatore della tensione di uscita. Il principio è illustrato alla **figura 11.**

Testine piezoelettriche e ceramiche. — Il principio di funzionamento delle testine piezoelettriche (effetto piezoelettrico) è stato già osservato parlando dei microfoni. Occorre qui ricordare solamente che esse dànno una tensione di uscita elevata, e che sono sensibili sia alla temperatura elevata, sia all'umidità, per cui possono esserne danneggiate in modo permanente. Solitamente, queste testine sono chiuse ermeticamente in astucci contenenti vaselina al silicone anigroscopica, come illustrato in **figura 12.**

Esistono testine piezoelettriche per impieghi comuni e per alta fedeltà: queste ultime, opportunamente equalizzate, dànno una riproduzione lineare nella gamma compresa tra 25 Hz e 12 kHz.

Nelle testine ceramiche si fa uso del titanato di bario in forma ceramica. Esse, contrariamente alle testine piezoelettriche, sono completamente insensibili alla temperatura ed all'umidità, e rappresentano un tipo di fonorivelatore assai interessante per le sue prestazioni, perchè consentono il funzionamento su una gamma di frequenze molto larga senza risonanze, certamente maggiore di 10 kHz.

Altri tipi di testine di lettura

Oltre ai tipi menzionati, ne esistono altri meno diffusi, quali gli « strain pick-up », le testine a nastro, e quelle a condensatore. Il funzionamento delle ultime due è in tutto simile a quello degli analoghi microfoni già descritti (salvo accorgimenti costruttivi che ne consentono il funzionamento per mezzo di una puntina anzichè di una membrana). I « pick-up » del tipo « strain » sfruttano invece l'effetto di variazione di resistenza di un conduttore sottoposto a tensione meccanica quale può essere quella provocata dalla vibrazione comunicata dalla puntina. I pick-up « strain » debbono essere attraversati da una corrente accuratamente filtrata e costante, allo scopo di modulare tale corrente continua con le vibrazioni meccaniche impresse dalla puntina, dando così luogo ad una caduta di tensione che riproduce fedelmente queste vibrazioni. Questi tipi hanno una bassa impedenza di uscita, e richiedono l'uso di un equalizzatore, poichè dànno una tensione di uscita che risponde linearmente alla velocità laterale.

Le testine capacitive sono in genere collegate ad oscillatori del tipo griglia-placca, e costituiscono una reattanza variabile con cui è ottenuta la modulazione di frequenza dell'oscillatore. Dalla modulazione di frequenza si risale al segnale audio mediante un adatto rivelatore del tipo già noto al lettore. Il livello di uscita di queste testine è molto alto. Uno schema di impiego è visibile in **figura 13.**

BRACCIO del « Pick - up » ed ERRORE di TANGENZIALITA'

Esaminate le particolarità costruttive del disco, la sua modulazione ed i sistemi per convertire la informazione meccanica contenuta nel solco in un segnale elettrico corrispondente, occorre ora considerare l'importanza del problema del montaggio della testina in un braccio mobile che consenta la esplorazione di tutta la superficie del disco Tale problema è risolto normalmente applicando la testina di lettura ad un braccio non molto lungo, imperniato ad una estremità e libero di muoversi con dolcezza sia nel piano orizzontale che in quello verticale. Con questo tipo di montaggio è possibile ottenere

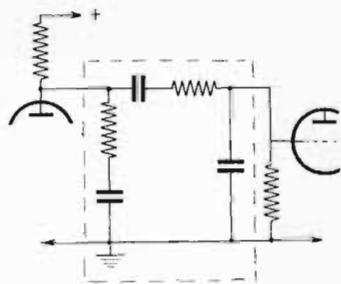



Fig. 16-A - Circuito di equalizzazione dopo un triodo, per l'accoppiamento allo stadio successivo.

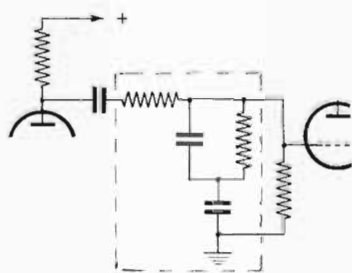



Fig. 16-B - Circuito di equalizzazione dopo un pentodo. Differisce dal primo a causa della diversa resistenza interna della valvola.

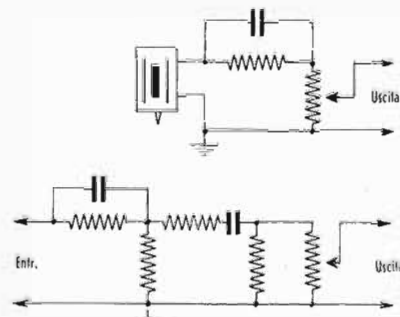



Fig. 17 - Equalizzatori per « pick-up » a cristallo: in alto, tipo semplice; in basso, tipo per qualità elevata.

un perfetto parallelismo (tra l'asse della testina e la tangente al solco nel punto di appoggio della puntina) solamente per i solchi in posizione centrale sul disco. Agli estremi laterali la testina si trova leggermente di sbieco rispetto al solco. Ciò si traduce in una distorsione armonica ed in una maggiore usura del solco. Baerwald dimostra che la distorsione di seconda armonica dovuta all'errore di tangenzialità è espressa in % dalla seguente formula:

$$Percentuale\ 2^a\ armonica = (6{,}28 \times f\ A\ a : V) \times 100$$

nella quale A è la massima ampiezza del solco modulato, a è l'errore di tangenzialità in gradi e V la velocità longitudinale del solco in cm/sec. Questa distorsione risulta proporzionale alla massima velocità trasversale, all'ampiezza del solco, ed all'angolo formato tra l'asse del fonorivelatore e la tangente al solco stesso, mentre risulta inversamente proporzionale alla velocità di rotazione del disco.

Per questo fatto, a parità di condizioni del solco e di tangenzialità, i dischi a 33 giri risentono maggiormente questo inconveniente che non i dischi a 78 giri.

La moderna registrazione laterale ad ampiezza costante tende in parte a ridurre questa distorsione. Nei riproduttori ad alta fedeltà il valore comunemente accettato come limite per questo tipo di distorsione è pari all'1%.

I più moderni tipi di bracci per « pick-up » professionali consentono di ridurre e perfino di annullare l'errore di tangenzialità. Questi bracci sono costituiti da un parallelogramma mobile, mediante il quale la testina di riproduzione riesce a conservare il medesimo orientamento nello spazio per qualsiasi posizione del parallelogramma rispetto al perno di fissaggio. Occorre, nella costruzione di questi bracci particolari, assicurarsi dell'assenza di risonanze meccaniche dei diversi elementi costituenti il sistema. Il principio costruttivo è illustrato in **figura 14**.

In altri tipi di bracci, la testina scorre su guide mobili lungo un braccio disposto radialmente rispetto al disco.

Per quanto riguarda le normali esigenze che si riscontrano nei complessi giradischi che, pur essendo a carattere commerciale e non professionale, devono tuttavia avere una certa qualità, il problema è stato risolto adottando un braccio porta-testina leggermente ricurvo, onde permettere alla testina stessa di ridurre l'errore di tangenzialità pressochè a zero alle estremità della corsa (ossia in corrispondenza dell'inizio e della fine del disco) ed a zero nel punto centrale dell'escursione.

Il principio è illustrato nella **figura 15**, nella quale si nota in *A* l'errore che si avrebbe con un braccio diritto, ed in *B* la riduzione dell'errore col braccio ricurvo.

EQUALIZZATORI e DISCHI di PROVA

Il corretto funzionamento elettrico del « pick-up » è ottenuto mediante opportuni circuiti di equalizzazione che ne compensano le eventuali risonanze ed assicurano una risposta lineare sulla banda di frequenze registrate. Un tipo di equalizzatore usato per ottenere una curva di risposta complementare (ossia opposta) a quella standard di incisione (*RIAA*) è quello illustrato in **figura 16**.

Esso è applicabile a tutte le testine la cui risposta varia in funzione della velocità trasversale. Nel caso di « pick-up » sensibili alle variazioni di ampiezza — ripetiamo — non sono normalmente richiesti circuiti equalizzatori, a meno che, come avviene nei « pick-up » piezoelettrici, non si debbano eliminare eventuali effetti di risonanza. Nella **figura 17** è mostrato, ad esempio, un equalizzatore per « pick-up » piezoelettrico.

I dischi di prova, registrati con segnali di frequenza e livello accuratamente determinati, consentono di accertare il funzionamento del « pick-up » e della relativa rete equalizzatrice.

Esistono diversi tipi di dischi di prova costruiti dalle Case discografiche, ed ognuno si differenzia dagli altri per i valori delle frequenze e dei livelli usati. Tipi molto diffusi sono comunque gli *RCA* 12-5-19, 12-5-25 e 12-5-31 per i dischi a 78, 33 e 45 giri rispettivamente. Altro disco di uso quasi universale è il *Decca LXT* 2695 a 33 giri di cui riportiamo la tabella delle frequenze e dei livelli registrati.

FREQUENZA	LIVELLO	FREQUENZA	LIVELLO
15 kHz	+12,5 dB	5 kHz	+ 5,9 dB
14 kHz	+13,1 dB	4 kHz	+ 4,6 dB
13 kHz	+12,9 dB	3 kHz	+ 3,6 dB
12 kHz	+12,0 dB	2 kHz	+ 1,9 dB
11 kHz	+11,5 dB	1 kHz	0,0 dB
10 kHz	+10,5 dB	500 Hz	— 2,3 dB
9 kHz	+10,1 dB	250 Hz	— 6,6 dB
8 kHz	+ 9,2 dB	125 Hz	— 9,0 dB
7 kHz	+ 8,5 dB	60 Hz	—11,7 dB
6 kHz	+ 7,3 dB	40 Hz	—13,9 dB

LA REGISTRAZIONE MAGNETICA

I principi della registrazione magnetica sono stati scoperti all'inizio del secolo dal fisico danese Poulsen. Sebbene anteriore all'invenzione del fonografo, questa scoperta venne pressochè ignorata per molto tempo, ossia fino a quando l'introduzione della valvola elettronica non consentì una adeguata amplificazione dei deboli segnali che venivano impressi sotto forma di variazioni magnetiche su di un sottile filo di acciaio magnetizzabile.

La cattiva qualità di riproduzione dei primi registratori magnetici, nonchè il loro costo elevato costituì, successivamente, per molto tempo, un altro ostacolo determinante, sufficiente per fare di questo sistema di riproduzione più una curiosità che un mezzo di pratica utilizzazione. In seguito agli enormi progressi dell'elettronica, conseguiti nell'ultimo ventennio, si è pervenuti ora alla realizzazione di apparecchi che consentono la registrazione magnetica di suoni con grandi vantaggi rispetto alla registrazione fonografica, sia dal punto di vista economico che da quello della fedeltà di riproduzione.

Prima di addentrarci nella spiegazione del procedimento sul quale si basa la registrazione magnetica, è opportuno accennare alla proprietà magnetica di alcune sostanze, anche se ciò abbiamo parzialmente detto precedentemente.

I CORPI FERROMAGNETICI

Supponiamo di introdurre un corpo in un campo magnetico; esso può — a seconda della sua natura — presentare un diverso tipo di comportamento, infatti:

a) I materiali « diamagnetici » determinano una lieve deviazione delle linee di forza verso l'esterno (**figura 1-A**).

b) I corpi « paramagnetici » determinano invece una debole deviazione in senso inverso, ossia verso il loro interno (**figura 1-B**).

c) i corpi « ferromagnetici », che sono quelli che presentano il maggior interesse dal punto di vista pratico, deteminano una forte deviazione del campo magnetico verso il loro interno (**figura 2**).

Le sostanze ferromagnetiche si possono suddividere in due categorie: corpi ferromagnetici *dolci* e corpi ferromagnetici *duri*. Nei primi, la magnetizzazione indotta in seguito alla presenza di un campo magnetico esterno, scompare quando quest'ultimo viene a mancare. Le sostanze ferromagnetiche « dure » si comportano invece in un modo assai diverso, che ora illustreremo.

Supponiamo di introdurre un corpo di tal genere in una bobina percorsa da una corrente manualmente regolabile. Le linee di forza si concentrano nel corpo in modo tanto maggiore quanto più spiccate sono le proprietà magnetiche del materiale. In termini scientificamente più usati, si suol dire che la densità del flusso magnetico aumenta all'aumentare della permeabilità magnetica del corpo in esame.

Supponiamo ora di variare la corrente che percorre la bobina in un modo che il campo magnetico da essa determinato varii linearmente da 0 ad un valore $+H$. In tal caso, la magnetizzazione indotta nel corpo varia secondo la linea tratteggiata (**figura 3**). Si può osservare che la variazione dell'induzione magnetica B non è lineare, ed anzi, oltre ad un certo valore di H, B non aumenta più (si osservi infatti che la linea tratteggiata ha la tendenza a divenire parallela all'asse delle ascisse).

Se ora facciamo diminuire la corrente nella bobina in modo che H varii linearmente e ritorni dal suo valore $+H$ a 0, si dovrebbe aspettare una diminuzione del valore di B seguente, in senso inverso, la linea tratteggiata precedentemente percorsa. Si trova invece che, per i materiali ferromagnetici «duri», B diminuisce molto più lentamente del previsto, e precisamente seguendo la linea che procede verso il punto di **magnegnetismo residuo**. In altre parole, quando il campo inducente H ritorna a 0, il campo indotto B permane al valore B_r. Questo è il fenomeno che si vuole indicare col nome di **persistenza magnetica**, e che è fondamentale per quanto riguarda la registrazione magnetica.

Aumentando H in senso inverso, fino a raggiungere il valore $-H$, B continua a diminuire fino al valore critico-H_c (forza coercitiva), dopo di che inverte la sua direzione ed aumenta in senso negativo. Anche in questo caso, oltre ad un certo valore $-H$, B non aumenta più. Ora chiudiamo il ciclo facendo aumentare linearmente il campo inducente da $-H$ a $+H$; B seguirà la curva indicata in figura, passando attraverso il punto $-B_r$ (magnetismo residuo negativo) e$+H_c$ (forza coercitiva).

Questo ciclo, detto **ciclo d'isteresi**, è fondamentale per quanto riguarda la registrazione magnetica dei suoni, in quanto, come vedremo, il magnetismo residue viene sfruttato per la registrazione e la riproduzio-

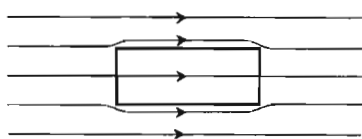



Fig. 1-A - Deviazione all'esterno delle linee di forza, causata dalla presenza di un corpo del tipo diamagnetico, ossia refrattario all'energia magnetica.

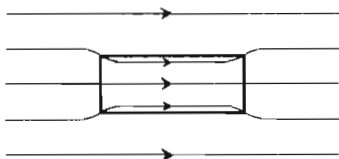



Fig. 1-B - Lieve deviazione all'interno delle linee di forza magnetica, dovuta alla presenza di un corpo avente caratteristiche paramagnetiche.

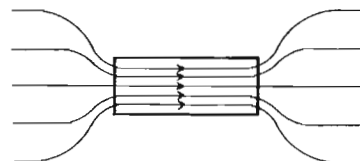



Fig. 2 - Addensamento delle linee di forza in un corpo ferromagnetico. L'elevata permeabilità del materiale costringe tutte le linee ad attraversarlo.

ne, mentre la forza coercitiva viene usata per la cancellazione.

Il lettore ricorderà che questo argomento è già stato trattato da un punto di vista generico a pagina 103.

LA REGISTRAZIONE

Tra breve ci occuperemo dettagliatamente dei nastri magnetici, ossia del mezzo che serve alla registrazione: anticipiamo fin d'ora che essi sono costituiti da un nastro in materiale sintetico (poliestere, mylar, od altro) che agisce da supporto, e da un sottilissimo strato di ossido di ferro su di esso depositato. L'ossido di ferro è un materiale che, quando viene introdotto in un campo magnetico, si comporta nel modo da noi sopra descritto nei riferimenti dei corpi ferromagnetici « duri ».

La testina magnetica di registrazione consta essenzialmente di una bobina avvolta su di un nucleo provvisto di un piccolo traferro; la forma, generalmente, è quella indicata alla **figura 4**. Supponiamo che tale bobina sia percorsa da una corrente continua; in questo caso si determinerà un campo magnetico tale che, se si dispone davanti al traferro un nastro magnetico, la magnetizzazione di quest'ultimo assume l'andamento indicato dalle linee con le frecce.

Si può dedurre, dalla figura citata, che le linee di forza magnetiche percorrono tutto il nucleo della testina e poi, in corrispondenza del traferro, si aprono per penetrare nell'ossido di ferro che ricopre il nastro.

E' intuibile che, per il fenomeno del magnetismo residuo, se facciamo *scorrere* il nastro davanti alla testina, mentre la bobina di questa è percorsa da una corrente continua, il nastro si magnetizza uniformemente lungo tutta la sua superficie affacciata. Mano a mano che una singola zona di nastro si avvicina alla zona del traferro, il campo magnetico in cui essa è immersa va aumentando fino ad un certo valore; si percorre quindi il primo tratto del ciclo di isteresi di cui alla figura 3 (linea tratteggiata).

In conseguenza dello scorrimento, la zona di nastro considerata, successivamente si allontana e il campo magnetico magnetizzante diminuisce, per detta zona, dal valore massimo a 0; il campo indotto permanente risulta pari a $+B_r$. Questo però avviene per tutte le successive singole zone di nastro che scorrono davanti al traferro; si ottiene quindi — come abbiamo detto — una magnetizzazione del nastro costante, e precisamente pari a $+B_r$.

Supponiamo ora che la bobina della testina di registrazione, invece di essere percorsa da una corrente continua, sia percorsa da una corrente alternata o, meglio da un segnale ad audiofrequenza. In tal caso, il campo magnetico inducente varia in intensità ed in frequenza conformemente al segnale ad audiofrequenza applicato. Le sue variazioni rappresentano perciò fedelmente il suono che si vuole registrare. Il campo magnetico induce sul nastro in scorrimento, come si è detto sopra, un nuovò campo, ad esso proporzionale, che — per il citato fenomeno del magnetismo residuo — risulta fissato permanentemente. Infatti, ogni valore istantaneo della corrente che percorre la bobina determina, sulla ristretta zona di nastro che in quel momento sta transitando davanti al traferro, una magnetizzazione residua ($+B_r$ o $-B_r$, secondo che si tratti di una semi alternanza negativa o positiva) ad essa proporzionale.

La polarizzazione

Per ottenere registrazioni che seguano fedelmente il segnale audio applicato bisogna prendere in considerazione diversi fattori.

Osserviamo la curva del ciclo di isteresi riportata alla figura 3: possiamo notare che il suo andamento complessivo non è lineare. Ciò perchè, volutamente, abbiamo indicato nella figura un ciclo corrispondente ad una intensità limite a $+H$ e $-H$, ossia tale che per ulteriori aumenti di H, B non varii più. Se però ci limitiamo a valori del campo inducente minori, si ottiene un ciclo di isteresi del tipo di quello rappresentato alla **figura 5**. Esso — come si vede — dà migliori garanzie di linearità, poichè, come occorre per una fedele registrazione, il campo indotto ed il magnetismo residuo sono proporzionali al campo inducente.

E' necessario poi tenere conto di un'altra sorgente di possibili distorsioni, di natura più difficile da eliminare. Se per quanto riguarda il fenomeno dianzi accennato basta, per eliminarlo, mantenere il segnale audio che si invia alla testina al di sotto di un certo valore limite, per quanto riguarda invece il fenomeno che ora descriveremo, occorre ricorrere ad una **tensione di polarizzazione**.

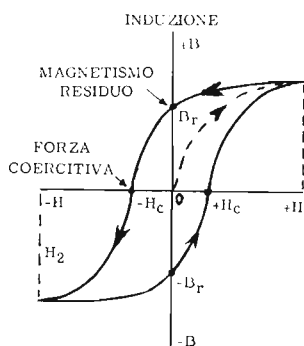



Fig. 3 - Ciclo di isteresi durante la magnetizzazione e la smagnetizzazione. Sull'asse orizzontale valore del campo magnetico (H) e su quello verticale magnetizzazione (B).

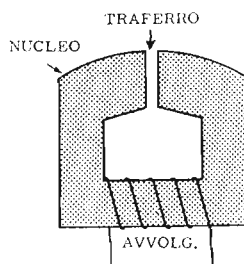



Fig. 4 - Struttura schematizzata di una testina per registrazione magnetica. Il traferro è rappresentato con larghezza rilevante, per maggior chiarezza.

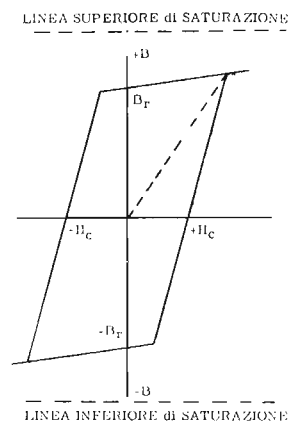



Fig. 5 - Ciclo di isteresi nel tratto rettilineo, lontano dai limiti di saturazione.

Il ciclo di isteresi, rappresentato alla figura 5, vale — come abbiamo detto — per valori di $+H$ e $-H$ entro un dato limite. Se però si scende al di sotto di un certo valore critico, H_m, il fenomeno della persistenza magnetica non ha più luogo, vale a dire che il magnetismo residuo è, in tal caso, nullo. Quella parte di segnale che determina quindi un campo magnetico inducente compreso tra $-H_m$ e $+H_m$, non risulta registrata sul nastro (vedi **figura 6**). E' altresì intuibile che, per valori di poco superiori ad H_m, il segnale verrà sì registrato, però sarà notevolmente distorto, essendo in questo tratto il magnetismo residuo non proporzionale al magnetismo indotto. Riassumendo, occorre pertanto:

a) fare in modo che il segnale audio sia tale da non far superare il valore di $\pm H$;

b) non lavorare in punti che determinano campi inducenti inferiori ad un certo valore minimo.

Mentre per il punto **a)** la soluzione è facile, per quanto riguarda l'ostacolo **b)** non si vede una soluzione immediata, poichè — per quanto si voglia alterare l'ampiezza del segnale audio — trattandosi di tensioni alternate, avremo sempre dei punti in cui la tensione è prossima al valore zero.

Per risolvere questo problema, supponiamo di applicare alla testina, oltre al segnale ad audiofrequenza, un segnale a frequenza ultrasonica, del tipo di quello rappresentato alla **figura 7-A**. Questo segnale (detto « di polarizzazione ») non determina alcun disturbo all'atto della riproduzione, poichè, essendo di frequenza superiore al limite massimo udibile, non procurerà alcuna sensazione auditiva. Sommandolo al segnale ad audiofrequenza di figura 7-**B**, si otterrà, come somma dei du , il segnale di figura **7-C**. In tal modo, come si uò osservare, si è ottenuta una coppia di segnali audio, ciascuno dei quali lavora in una zona del ciclo di isteresi tale da dare garanzia di linearità. Naturalmente, occorre, per ottenere ciò, porre molta cura nel determinare l'ampiezza del segnale di polarizzazione, onde evitare di superare il campo massimo e, contemporaneamente, di scendere al di sotto del valore minimo.

Da ciò si comprende quanto sia critico il livello di registrazione, poichè, con i segnali audio troppo ampi si « modula » la frequenza di polarizzazione in modo eccessivo, cioè tale da superare i limiti consentiti.

Con il sistema ora visto, inoltre, i due segnali audio, superiore ed inferiore, vengono — in sede di riproduzione — letti contemporaneamente, e determinano un annullamento per compensazione, delle distorsioni dovute ad una eventuale lieve non linearità del tratto di curva di isteresi scelto per la registrazione. Ciò è, in certo qual modo, analogo al fenomeno secondo cui un amplificatore in controfase in classe B comporta una minore distorsione di uno stadio singolo, per il fatto che si hanno due distorsioni complementari che si annullano a vicenda.

La testina di riproduzione è dello stesso tipo di quella di registrazione, anzi — nella maggior parte dei casi — la stessa testina serve ad entrambi i compiti. Una apposita testina viene invece impiegata, nel modo che vedremo, per effettuare la cancellazione delle registrazioni.

LA RIPRODUZIONE

Per comprendere come avvenga la riproduzione è necessario richiamare alcuni concetti fondamentali riguardanti l'elettromagnetismo.

Se si pone una bobina in un campo magnetico costante, nessuna corrente la percorre ad eccezione di un impulso iniziale. Se invece, il campo magnetico è variabile, nella bobina abbiamo sempre una corrente proporzionale alla velocità di variazione del flusso del campo magnetico. Così, se un nastro magnetico registrato (contenente cioè un campo magnetico variabile) viene fatto scorrere innanzi alla testina, nell'avvolgimento di quest'ultima si verificherà una corrente che seguirà fedelmente il campo magnetico registrato sul nastro. Naturalmente, per una fedele riproduzione, occorre che la velocità con cui si fa scorrere il nastro sia la stessa che si era tenuta durante la registrazione.

La debole corrente che percorre la bobina della testina di lettura viene inviata ad un preamplificatore a valvole o a transistori, e — successivamente — ad uno o più stadi ad amplificazione di potenza e ad un altoparlante. Questo che abbiamo visto è il completo ciclo di registrazione-riproduzione; prendiamo ora in considerazione un'altra funzione che i registratori magnetici a nastro devono essere in grado di compiere: la cancellazione.

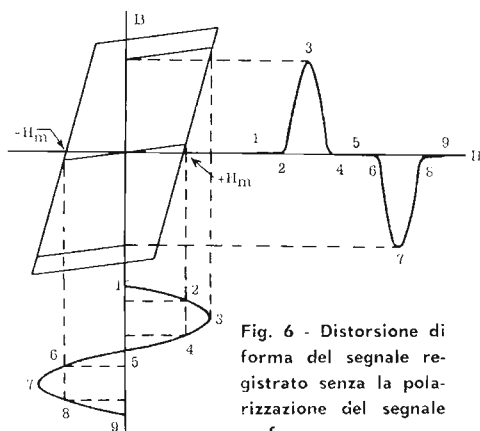



Fig. 6 - Distorsione di forma del segnale registrato senza la polarizzazione del segnale a frequenza supersonica.

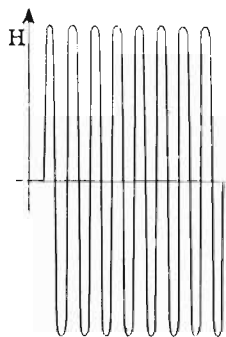



Fig. 7-A - Segnale polarizzante a frequenza ed ampiezza costante.

Fig. 7-B - Segnale di Bassa Frequenza da registrare.

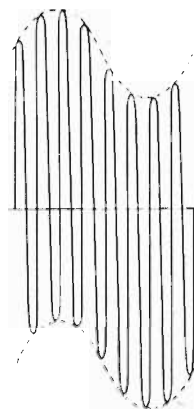



Fig. 7-C Risultante della sovrapposizione.

LA CANCELLAZIONE

Una delle caratteristiche che rendono in molti casi il sistema di registrazione magnetica su nastro preferibile a quello di registrazione fonografica, consiste nel fatto che è possibile cancellare un nastro magnetico e registrare su di esso suoni diversi. e ciò per un numero praticamente illimitato di volte.

Prendiamo nuovamente in considerazione il ciclo di isteresi: possiamo notare che il magnetismo residuo può venire totalmente eliminato applicando un campo magnetico pari alla forza coercitiva. Precisamente occorrerà, come si può notare dalla figura 3, applicare un campo inducente $-H_c$ per eliminare il magnetismo residuo $+B_r$, oppure $+H_c$ per eliminare il magnetismo residuo $-B_r$.

Immaginiamo di far scorrere un nastro di fronte ad una testina di registrazione la cui bobina sia percorsa da una corrente alternata a frequenza notevolmente elevata (ad esempio 50 kHz) ed esaminiamo ciò che avviene in una piccola porzione di nastro, man mano che essa si avvicina al traferro, vi passa innanzi, e, infine, se ne allontana.

Quando la zona di nastro che consideriamo entra nell'area di azione del campo magnetico determinato dalla bobina, comincia ad intercettare una parte delle linee di forza. Poichè, all'inizio — stante la distanza ancora esistente — capta solo una piccola parte di tali linee, essa subisce dei cicli di isteresi molto piccoli; successivamente, l'ampiezza di tali cicli si fa sempre più grande, fino a raggiungere il valore massimo quando la zona considerata passa davanti al traferro. Dopo, allontanandosi, i cicli di isteresi divengono nuovamente sempre più piccoli, fino a non più verificarsi.

L'andamento del campo magnetico cui viene sottoposto il nastro, dal suo ingresso nella zona di influenza della testina fino alla sua uscita dalla zona, è rappresentato alla **figura 8**. Il fenomeno importante in tutto questo è dato dal fatto che il magnetismo residuo che, ad ogni istante, è presente sulla zona di nastro in questione, è proporzionale all'ampiezza dei successivi cicli di isteresi, e quindi a quella del campo magnetico. In tal modo, anch'esso aumenta durante la fase di avvicinamento al traferro, e diminuisce fino a zero, durante l'allontanamento.

Se invece si opera a frequenze acustiche, l'annullamento del magnetismo residuo non avviene perchè i cicli (frequenze più basse) sono relativamente lunghi, e di conseguenza — eguale restando la velocità di scorrimento del nastro — può manifestarsi il voluto fenomeno della permanenza magnetica, in modo proporzionale al valore istantaneo della tensione ad audiofrequenza da registrare.

L'esempio che noi abbiamo fatto si riferisce all'impiego di un nastro, non registrato in precedenza, sottoposto ad una frequenza notevolmente elevata. Si ottiene, praticamente, come risultato, che il nastro per una frequenza così alta, — anche dopo il passaggio davanti alla testina — rimane vergine, ossia privo di magnetizzazione.

Supponiamo ora di sottoporre al medesimo processo una zona di nastro già magnetizzata con segnali audio. Su di essa è presente allora un certo magnetismo residuo B_r. Se il campo magnetico alternato di cui si è detto sopra, e cioè quello dovuto al segnale di alta frequenza, è tale da superare il livello di saturazione del nastro, i cicli di isteresi sempre crescenti che si sviluppano (**figura 9**) a partire da B_r, ad un certo punto urtano contro il livello di saturazione superiore, (vedi figura) mentre continuano ad estendersi nel senso inferiore. Si giungerà quindi, quando il campo magnetico alternato raggiunge la massima intensità, ad un ciclo di isteresi massimo, centrato rispetto al punto 0. Da qui, il campo magnetico alternato comincierà a diminuire (**figura 10**) e quindi, secondo quanto già detto in precedenza, si giungerà ad un annullamento totale del magnetismo residuo, ciò che porterà, in altre parole, alla scomparsa del segnale audio già registrato sul nastro.

Generalmente — come abbiamo detto — la testina di cancellazione è separata, e precede nell'ordine di passaggio del nastro, quella di lettura e di registrazione. In tal modo, quando i comandi del magnetofono sono posti in posizione « registrazione », una tensione a frequenza elevata viene inviata all'avvolgimento della testina di cancellazione, così che, prima che il nastro venga registrato, si ha la cancellazione di qualunque segnale preventivamente esistente sul nastro stesso.

Finora abbiamo visto come sia possibile ottenere, dal punto di vista teorico, una registrazione ed una riproduzione di suoni mediante il nastro magnetico. Esaminiamo ora come, in pratica, sia realizzato un dispositivo atto a compiere tali funzioni. Le parti essenziali che

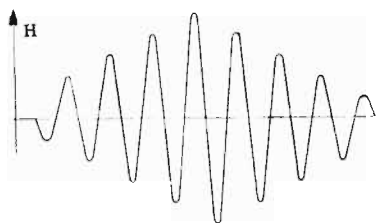



Fig. 8 - Andamento del campo magnetico cui ogni segmento del nastro viene sottoposto nel suo passaggio davanti alla testina.

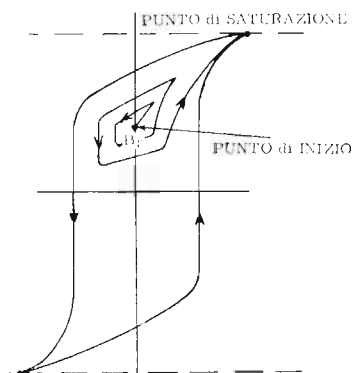



Fig. 9 - Prima parte del processo di cancellazione (campo in aumento).

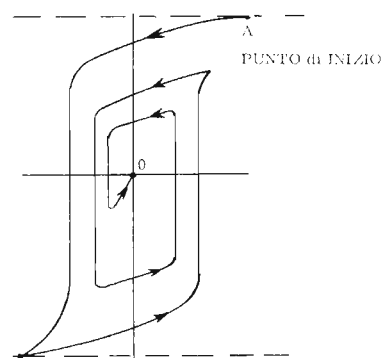



Fig. 10 - Seconda parte del processo di cancellazione (campo in diminuzione).

occorre prendere in considerazione nell'esame della struttura fondamentale di un assieme magnetofonico sono:

1) Il nastro.

2) La parte meccanica.

3) Le testine.

4) La parte elettronica.

Esaminiamo separatamente tali elementi, considerandone gli aspetti caratteristici che si conservano immutati in quasi tutte le realizzazioni pratiche.

I NASTRI MAGNETICI

Come abbiamo già detto, i nastri sono essenzialmente costituiti da un supporto di sostanza sintetica, sul quale viene depositato un leggero strato di ossido di ferro. Molte sono le esigenze cui deve ottemperare un nastro per poter dare garanzie di buona registrazione e buona riproduzione.

Innanzitutto, occorre considerare la qualità del supporto plastico. Il supporto deve essere abbastanza flessibile per adattarsi perfettamente alle testine e per poter essere trascinato, senza inconvenienti, dalle varie pulegge che costituiscono il sistema meccanico di trascinamento. Inoltre, deve essere sottile il più possibile, in modo da consentire, a parità di dimensioni delle bobine che lo raccolgono, una maggiore durata delle registrazioni.

D'altra parte, il nastro deve essere abbastanza solido per poter resistere all'attrito cui viene sottoposto mediante il sistema di trascinamento, nonchè ad eventuali strappi che si possono verificare — sia pure involontariamente — per errate manovre.

Un'altra qualità che i nastri devono presentare è quella di non venire influenzati dalle variazioni della temperatura e dall'umidità. Inoltre poichè l'ossido di ferro viene depositato sul supporto plastico in piccoli grani, è opportuno che le dimensioni di questi ultimi non siano superiori ad un micron, e ciò sia per ragioni di registrazione, sulle quali torneremo in seguito, che per fare in modo di ottenere un nastro perfettamente liscio, onde evitare l'usura delle testine.

Le dimensioni dei granuli di ossido di ferro determinano la massima frequenza registrabile — a parità di velocità di scorrimento del nastro — in quanto, ogni granulo costituisce un magnetino elementare entro il quale non si possono avere delle magnetizzazioni differenti. Altre caratteristiche notevoli riguardano le proprietà magnetiche quali la sensibilità, il magnetismo residuo, e la forza coercitiva.

La fabbricazione del nastro è operazione alquanto delicata e difficile se il prodotto, come è logico, deve presentarsi con tutti i citati requisiti. Essa è divenuta oggetto di industrie specializzate, in particolare nel ramo chimico (citiamo, ad esempio, la B.A.S.F. tedesca che fu la prima ad intraprendere, nel 1934, la produzione del nastro su scala industriale).

LA PARTE MECCANICA

Per ottenere lo scorrimento del nastro davanti alle testine si fa ricorso ad un motorino. In origine, il nastro è avvolto interamente su di una bobina e, al procedere della registrazione o della lettura, dopo essere passato davanti alla testina, si avvolge su di una seconda bobina.

Come già detto, per ottenere una riproduzione perfetta dei suoni registrati, è indispensabile che la velocità di scorrimento del nastro sia sempre rigorosamente costante, allo scopo di evitare una pur lieve differenza tra la velocità di registrazione e la velocità di riproduzione. Questa regolarità è assicurata da un perno ruotante a velocità costante, collegato all'asse del motorino; contro tale perno il nastro viene pressato per mezzo di una ruota coperta di gomma.

Se il nastro si sposta ad una velocità costante, poichè esso si svolge — come abbiamo visto — da una bobina, per avvolgersi su di un'altra, la velocità della prima andrà sempre aumentando mentre la velocità della seconda andrà sempre diminuendo e ciò a causa della variazione di diametro del quantitativo di nastro avvolto. Si rende pertanto necessario un dispositivo a frizione che trascini le bobine con velocità adeguate, sì che il nastro rimanga sempre ben teso. Inoltre, poichè tutti i registratori sono provvisti di un tasto che consente l'arresto immediato del nastro, è opportuna la presenza di un dispositivo che provveda contemporaneamente al blocco istantaneo delle due bobine, in modo da evitare che esse, per inerzia, continuando a ruotare, determinino un ulteriore svolgimento del nastro, che potrebbe causare un aggrovigliamento.

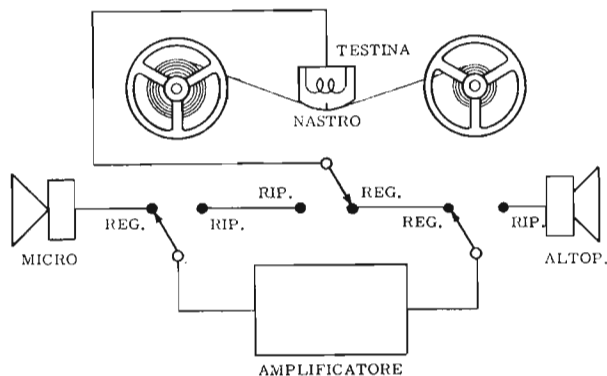



Fig. 11 - Commutazione della testina (unica), dell'altoparlante e del microfono, per registrazione e riproduzione.

Fig. 12 - Curva di responso, alle varie frequenze. La curva superiore è riferita alla velocità di 19 cm/sec, quella inferiore alla velocità di 9,5 cm/sec. Nella prima il responso è più esteso.

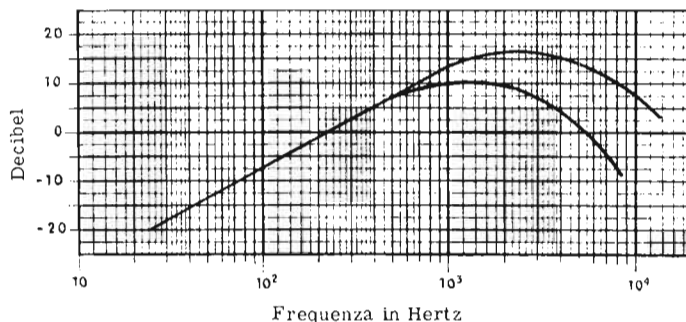
Due altri comandi che generalmente sono sempre presenti nei registratori a nastro sono quelli che consentono l'avvolgimento veloce delle bobine in un senso o nell'altro. Questa possibilità diviene molto utile nel caso in cui si voglia rintracciare una precedente registrazione che si trovi in un punto del nastro parecchio distante da quello che sta transitando davanti alle testine. Per l'avvolgimento veloce, viene trasmessa una rapida e continua rotazione alla bobina verso la quale si intende avvolgere il nastro, anche in questo caso mediante un dispositivo a frizione.

VELOCITA' di TRASCINAMENTO

La qualità della riproduzione, ed in particolare la massima frequenza registrabile, dipendono — oltre che dalla qualità del nastro, dell'amplificatore e delle testine — dalla velocità di scorrimento. Infatti, con velocità basse, se in effetti aumenta la durata della registrazione, si ha, per contro, l'inconveniente che il limite superiore della banda di frequenze registrabili e riproducibili scende rapidamente oltre ai limiti auspicabili. Questo fenomeno si può spiegare, in parte, ricordando la spiegazione data a proposito dalla cancellazione mediante frequenze ultrasoniche, ed in parte, ricordando che le dimensioni dei granuli elementari sono tali da non permettere, a bassa velocità di scorrimento, la registrazione di campi magnetici variabili con molta rapidità, quali appunto quelli determinati dalle frequenze acustiche più elevate.
Le velocità attualmente più usate sono:

a) 76,2 cm/sec e 38 cm/sec, nel caso dei registratori professionali per studi radiofonici, per registratori ad alta fedeltà, ecc.

b) 19 cm/sec, nel caso di registratori semiprofessionali, che consentono già una fedeltà di riproduzione quasi perfetta.

c) 9,5 cm/sec e 2,38 cm/sec, nel caso di normali registratori aventi minori pretese. Di queste tre ultime velocità, la prima — che consente la registrazione di frequenze fino a 12 kHz — viene usata generalmente per registratori di musica classica, la seconda — che riproduce fino a circa 7 kHz — viene usata principalmente per musica leggera, la terza infine — che giunge fino a circa 3,5 kHz — viene usata per la registrazione della sola voce umana, come ad esempio nel caso di conferenze, dettatura di corrispondenza, ecc.

LA PARTE ELETTRONICA

Già ci siamo occupati sommariamente del problema delle testine. Vogliamo ancora accennare al fatto che, poichè viene spesso usata un'unica testina sia per la registrazione che per la riproduzione, al comando meccanico per il passaggio dalla posizione « registrazione » alla posizione « riproduzione » è necessario sia collegato un commutatore che provveda a modificare i circuiti come si può rilevare dallo schema a blocchi rappresentato alla **figura 11**.

Per quanto riguarda la parte elettronica, bisogna considerare innanzitutto che la risposta delle testine magnetiche non è lineare alle varie frequenze. La curva di risposta, se non si provvede alle adeguate compensazioni che ora descriveremo, è infatti, del tipo di quella rappresentata alla **figura 12**. Occorre quindi aumentare l'amplificazione sia alle frequenze molto alte che a quelle molto basse. A questo scopo si introduce — per le frequenze alte — la cosiddetta « pre compensazione ». Questo procedimento che ha luogo all'atto della registrazione, consiste in una maggiore amplificazione delle frequenze elevate rispetto alle altre della gamma. Si tratta — in sostanza — di operazione analoga alla preenfasi di cui ci siamo occupati a proposito della modulazione di frequenza.

La curva di amplificazione che si desidera ottenere è quella rappresentata alla **figura 13**. In questo modo, potrebbe sembrare che insorga il pericolo di ottenere una sovramodulazione nelle note alte. Ciò in pratica non si verifica, sia perchè l'ampiezza della audiofrequenza di tal tipo è normalmente assai scarsa, sia perchè essa viene ulteriormente ridotta da inevitabili perdite.

La « post-compensazione », che consiste in una maggiore amplificazione delle frequenze basse, ha invece luogo all'atto della riproduzione. Ciò perchè, se avvenisse anch'essa durante la registrazione, potrebbe determinare una distorsione per sovraccarico. L'andamento del processo di post-compensazione è illustrato alla **figura 14**.

Nei magnetofoni di piccole dimensioni, spesso, il processo di post-compensazione non viene introdotto, poi-

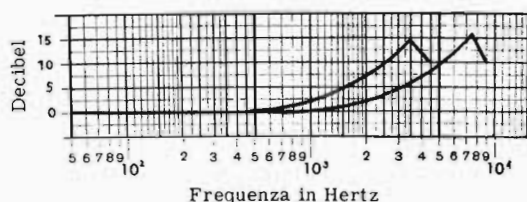



Fig. 13 - Curve di pre-compensazione per migliorare il responso alle frequenze elevate. La prima a sinistra è riferita alla velocità di 9,5 cm/sec; l'altra alla velocità di 19 cm/sec.

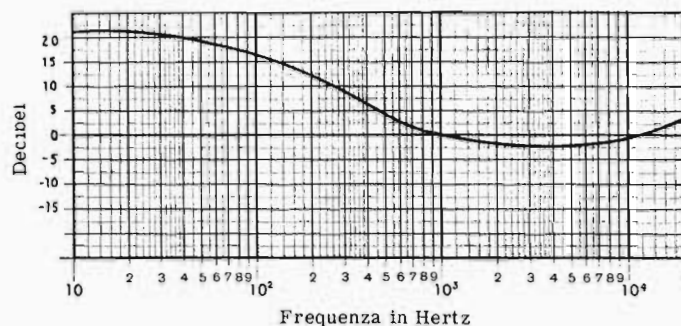



Fig. 14 - Curva di responso dell'amplificatore nell'impiego per l'ascolto. Come si nota, viene data una post-compensazione sia alle frequenze basse, che alle frequenze più elevate.

chè le frequenze basse non risulterebbero egualmente riproducibili a causa delle piccole dimensioni dell'altoparlante e del trasformatore di uscita adottato.

FREQUENZE di CANCELLAZIONE e di PREMAGNETIZZAZIONE

Nei paragrafi precedenti abbiamo detto a quali compiti siano destinate le oscillazioni di cancellazione e di premagnetizzazione, senza pur tuttavia soffermarci sul criterio di scelta delle relative frequenze. I problemi, a questo riguardo, sono di competenza del progettista ma riteniamo utile farvi cenno.

Per quanto riguarda la tensione di cancellazione, o smagnetizzazione, occorre ricordare che essa deve essere inaudibile, cioè ultrasonica. Essa deve consentire un numero di smagnetizzazioni complete (cicli di isteresi) assai elevato, allo scopo di eliminare qualsiasi traccia residua della registrazione precedente. La sua frequenza deve mantenersi però nei limiti imposti da perdite tollerabili per correnti parassite nel nucleo e nel traferro della testina di cancellazione (aumentando la frequenza, aumentano le perdite). Una frequenza di 35 kHz soddisfa in modo abbastanza preciso queste diverse esigenze, per quanto, da caso a caso, si possano notare differenze a seconda della velocità del registratore e del tipo di testina adottato.

La frequenza di premagnetizzazione deve essere scelta, invece, in modo che essa sia quanto più possibile elevata nei confronti della più alta frequenza acustica da registrare. Ciò allo scopo di non introdurre distorsioni di non linearità. In pratica, una frequenza eguale a 5 volte il massimo valore della frequenza audio è sufficiente. Poichè normalmente, la massima frequenza audio è dell'ordine di 10 kHz, la frequenza di premagnetizzazione sarà dell'ordine di 50 kHz. Le perdite per correnti parassite e dovute al traferro assumono, in questo caso, importanza minore perchè il livello del segnale di premagnetizzazione è molto inferiore a quello del segnale di cancellazione. L'oscillatore che genera queste tensioni deve essere accuratamente progettato in modo da evitare, per quanto possibile, la formazione di frequenze armoniche, responsabili, quelle pari in particolare, dell'introduzione di un notevole fruscio, all'atto della successiva riproduzione del nastro. Un oscillatore con stadio in controfase che, come è noto, elimina completamente le armoniche di ordine pari, risolve egregiamente il problema. Ciò, tuttavia, avviene solo nei magnetofoni professionali, poichè — normalmente — è la singola valvola amplificatrice finale dell'ascolto che viene impiegata quale oscillatrice in alta frequenza nella registrazione. Alla **figura 15** è rappresentato appunto uno schema del genere.

L'INDICATORE di LIVELLO

Come abbiamo visto in precedenza, il livello del segnale ad audiofrequenza che viene applicato alla testina di registrazione è molto critico. Infatti, con segnali troppo bassi non si ha, è vero, distorsione, ma interviene una diminuzione del rapporto segnale/rumore; il rumore prodotto dallo stadio amplificatore, dalla testina, e dal nastro stesso, rimane pressochè costante al variare del livello del segnale. Viceversa, se si aumenta troppo il livello del segnale, si incorre — come già visto — nel pericolo costituito dalla sovramodulazione. In questo caso si opererebbe con valori del campo magnetico troppo elevati o comunque tali da generare distorsioni.

Per poter regolare adeguatamente il livello del segnale all'atto della registrazione, quasi tutti i magnetofoni sono provvisti di un indicatore, che può essere sia un vero e proprio strumento di misura, come nel caso dei magnetofoni professionali, che un indicatore elettronico, analogo ai cosiddetti « occhi elettrici » usati nei radioricevitori come indicatori di sintonia.

La tensione ad audiofrequenza viene prelevata alla uscita dello stadio in cui è presente un potenziometro per la regolazione del livello e, dopo opportuna rettificazione, viene applicata all'indicatrice di modulazione. Le diverse ampiezze del segnale audio vengono allora indicate dalla maggiore o minore ampiezza della zona luminosa.

REGISTRAZIONE A PIU' « PISTE »

Stabilita a suo tempo l'altezza, o la larghezza che dir si voglia, normalizzata del nastro in mm 6,25, si trovò poi che, in seguito ai perfezionamenti tecnologici di fabbricazione, era sufficiente per accettare una registrazione anche meno della metà di detta altezza. Da qui,

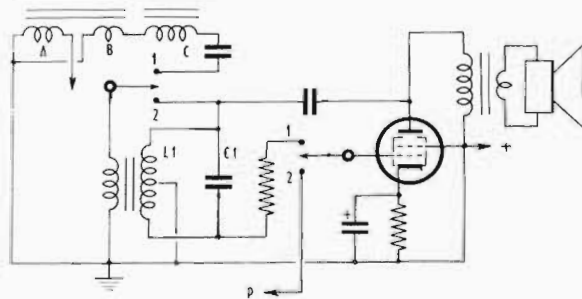



Fig. 15 - Impiego di una sola valvola, sia come stadio finale di amplificazione in Bassa Frequenza durante l'ascolto, (commutatori in posizione 2), sia come oscillatrice per la produzione del segnale a frequenza supersonica ed ampiezza costante durante la registrazione (commutatori in posizione 1). In quest'ultimo caso, B e C sono le testine di registrazione, mentre L 1 e C 1 costituiscono il circuito oscillante. In lettura, P va collegato all'uscita del preamplificatore.

quindi, l'idea correntemente sfruttata, di registrare su un normale nastro una «pista» in alto ed un'altra in basso, lungo tutto il nastro. Per il passaggio dall'una all'altra pista o si sposta la testina o, come avviene più frequentemente, si capovolge il nastro. Adottando due diverse testine sovrapposte funzionanti contemporaneamente con segnali provenienti da due distinti canali di audiofrequenza è possibile, con facilità, registrare riprese stereofoniche, vale a dire donanti al suono una «terza dimensione». Di ciò ci occuperemo a suo tempo. Infine, dobbiamo fare cenno anche alla tecnica delle 4 piste sempre su di un solo nastro. Queste passano due in un senso e due nel senso opposto di svolgimento, affiancate (occorre capovolgere una volta) oppure alternativamente, una in un senso, l'altra in senso opposto ecc. (occorre capovolgere due volte). Logicamente, con la tecnica delle quattro piste, a parità di quantitativo di nastro si perviene ad una durata di registrazione doppia che non nel caso delle due piste; per fare un esempio, diremo che, alla velocità di svolgimento di 9,5 cm/sec, sfruttando una pista alla volta, con 180 metri di nastro si hanno quattro ore e mezza di funzionamento.

L'AMPLIFICAZIONE

Sia durante la registrazione che durante la riproduzione è necessario che i deboli segnali provenienti, rispettivamente dal microfono o dalla testina, vengano amplificati fino a conseguire l'ampiezza necessaria per eccitare la testina del primo caso, o far agire l'altoparlante nel secondo.

Poichè lo stadio finale di potenza è necessario solamente per pilotare l'altoparlante (la testina magnetica, infatti, richiede una discreta tensione ma non una corrente elevata), la valvola amplificatrice finale viene normalmente impiegata come si è già detto, in fase di registrazione, come oscillatrice supersonica. La parte di preamplificazione viene invece usata sempre come tale, sia per la registrazione, che per la riproduzione. Spesso, è presente uno stadio preamplificatore da usare solamente per la registrazione da microfono. I segnali che provengono da un microfono sono, infatti, estremamente deboli se paragonati a quelli che si possono ottenere registrando da un radioricevitore o da un riproduttore fonografico. Occorre tener presente che, per registrare da un apparecchio radio, si può ricavare facilmente il segnale direttamente dal secondario del trasformatore d'uscita, vale a dire ai capi della bobina mobile dell'altoparlante.

VANTAGGI della REGISTRAZIONE MAGNETICA

Un primo grande vantaggio della registrazione magnetica, forse il più evidente, è la possibilità illimitata di cancellazione e di immediata reincisione del nastro (cosa impossibile da ottenersi, evidentemente, con i dischi).

Un secondo vantaggio, è costituito dal miglior grado di conservabilità della registrazione nei confronti di quella meccanica. Mentre questa risente degli effetti della polvere, della usura del solco, e dei danneggiamenti provocati da graffi o abrasioni, il nastro è virtualmente esente da tali inconvenienti. Inoltre, se rotto, può essere facilmente incollato. Nelle redazioni dei programmi radio si trae addirittura vantaggio da questa possibilità, per realizzare fonomontaggi e programmi con fonti di informazione diverse. La registrazione magnetica si conserva indefinitamente nel tempo, se si ha cura di conservare i nastri in scatole magneticamente schermate. Un terzo vantaggio del nastro consiste nella sua più ampia possibilità di contenuto quantitativo di programma. Ciò permette la registrazione ininterrotta di interi programmi non suddivisibili, (atti di opere liriche, conferenze, ecc.). La registrazione magnetica poi, può essere istantaneamente ascoltata e non richiede per l'incisione apparecchi costosi e delicati come quelli usati per i dischi. Ne risulta anche una dote di portatilità, molto utile in caso di conferenze, interviste, ecc. Radio, giornali e redazioni si avvalgono quotidianamente di questo ausilio che ha, in certo senso, superato la stessa stenografia. In certe condizioni, la registrazione magnetica di una comunicazione verbale o telefonica è considerata testimonianza giuridicamente valida. Gli stessi dischi fonografici, sono incisi mediante suoni precedentemente registrati su nastro magnetico: il rapido controllo della registrazione consente una eventuale ripetizione del brano non soddisfacente, senza per questo dover attendere numerose ore per la stampa della prima copia del disco.

DOMANDE sulle LEZIONI 88ª e 89ª

N. 1 —
Quanti e quali sono i metodi per effettuare la registrazione del suono?

N. 2 —
A cosa serve il disco stroboscopico?

N. 3 —
Quali sono i fenomeni fisici che hanno reso possibile lo stroboscopio?

N. 4 —
In quanti sensi può avere luogo la registrazione meccanica su disco? Quale viene usata attualmente?

N. 5 —
Quale è la condizione indispensabile affinchè un disco stroboscopico possa servire per il controllo della velocità di rotazione?

N. 6 —
In quanti modi può avere luogo la registrazione su disco?

N. 7 —
Specificare le funzioni della testina di registrazione e quella del fonorivelatore o « pick - up ».

N. 8 —
Quante e quali categorie di « pick-up » esistono?

N. 9 —
Per quale motivo il braccio del fonorivelatore deve essere leggermente curvo verso il centro del disco?

N. 10 —
Quale è la differenza tra i corpi ferromagnetici dolci ed i corpi ferromagnetici duri?

N. 11 —
Cosa si intende — nella registrazione magnetica — per polarizzazione?

N. 12 —
Come avviene la registrazione magnetica?

N. 13 —
Sussiste qualche differenza tra una testina per registrazione magnetica, ed una testina per riproduzione?

N. 14 —
In quale modo è possibile cancellare una registrazione magnetica?

N. 15 —
In un registratore a nastro, quali sono i fattori che determinano la qualità della registrazione?

N. 16 —
Per quale motivo, aumentando la velocità del nastro, aumenta la fedeltà sulle frequenze elevate?

N. 17 —
Come si rimedia alla non linearità della curva di risposta di una testina per registrazione magnetica?

N. 18 —
Quale è il valore normalmente adottato per la frequenza di pre-magnetizzazione e per quella di cancellazione?

N. 19 —
Quale è il compito dell'indicatore di livello?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 689

N. 1 — Al circuito normale con catodo a massa, in quanto l'emettitore fa appunto le veci del catodo.

N. 2 — Ad un transistore del tipo *n-p-n*. Infatti, a causa delle correnti che passano durante la fabbricazione, nella base di tipo *p* si formano, in corrispondenza delle due punte di contatto, 2 zone di tipo *n*.

N. 3 — Perchè nel transistore a punta di contatto il fattore « *alfa* » è maggiore dell'unità.

N. 4 — In un transistore alla cui base fanno capo due terminali: uno compie la stessa funzione del terminale di base di un trasistore triodo, l'altro serve per applicare una tensione limitante la zona percorsa dalla corrente, riducendo così capacità e tempo di transito.

N. 5 — Perchè, diversamente da quanto avviene nella valvola, le variazioni di corrente nel circuito del collettore sono provocate da variazioni della corrente di base.

N. 6 — Perchè i valori delle impedenze e delle resistenze presenti nel circuito sono notevolmente inferiori che non nei circuiti a valvola. In tal modo le costanti di tempo rimangono del valore necessario.

N. 7 — Per migliorare il responso alla frequenza, e per aumentare la stabilità, (insensibilità alla temperatura).

N. 8 — I casi in cui è necessario un adattamento di impedenza tra uno stadio ed un altro.

N. 9 — Perchè la massa metallica della pinzetta assorbe la maggior parte del calore del saldatore, evitando che raggiunga l'interno del transistore danneggiandolo.

N. 10 — Perchè alcuni inconvenienti, come oscillazioni parassite, rumore di fondo, instabilità, ecc., si manifestano solo quando la temperatura è elevata.

N. 11 — Nel circuito con emettitore a massa si ha la massima amplificazione, una impedenza di ingresso bassa con una impedenza di uscita relativamente alta, e lo sfasamento di 180° del segnale. Nel circuito con base a massa l'amplificazione *di corrente* è leggermente inferiore all'unità, l'impedenza di ingresso è molto bassa, e quella di uscita è molto alta; inoltre non si ha sfasamento del segnale. Nel circuito con collettore a massa, non si ha amplificazione, l'impedenza di entrata è alta e bassa quella di uscita, e non si ha sfasamento.

N. 12 — In discesa. Ciò è riferito naturalmente al circuito con emettitore a massa, in quanto in tal caso, l'impedenza di uscita dello stadio precedente è elevata, ed è ridotta quella di ingresso dello stadio successivo.

N. 13 — Perchè, in tal caso, qualsiasi variazione della resistenza interna, dovuta a variazione di temperatura, diventa trascurabile in confronto all'intera resistenza del circuito dell'emettitore.

N. 14 — Perchè, a causa della bassa impedenza di ingresso del transistore che segue il trasformatore, non è possibile collegare tra base e massa un circuito accordato la cui impedenza è teoricamente infinita per la frequenza di risonanza.

N. 15 — Uno o due, a seconda che l'oscillatore sfrutti la reazione tra emettitore e base del primo transistore, oppure sia realizzato con un transistore separato. Nel secondo caso si ha una maggiore stabilità.

TABELLA 80 — CARATTERISTICHE di FUNZIONAMENTO dei PRINCIPALI TRANSISTORI « n-p-n »

Questa tabella fa seguito a quella pubblicata nella lezione 87ª ed è relativa ai principali transistori *p-n-p*. Quanto detto in riferimento alla tabella precedente vale anche per la presente. A completamento delle note va aggiunto quanto riportato a pagina 718, ed i disegni relativi alle connessioni.

TIPO Nº		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per I_e = 1mA			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
p-n-p	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{jmax}	Pc_{max}	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α FE	α FE	α FE	f_{α}	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	μA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
OC13	AJ	PL	1	5	1	65	65	10	10	-		-	-	-	10	A
OC14	AJ	PL	8-9	6	50	65	130	12	125	-		-	-	0,35	8	A
OC16	AJ	PL	7-8-9	16	1,5	75	24	32	3	-		-	35	0,2	3	A
OC18	AJ	MD	8-9	12	1,5	75	50	24	3	4	50	-	-	-	5	-
OC19	AJ	JP	7-8-9	16	1,5	75	24	32	3	-	-	-	35	-	3	I
OC22	AJ	MD	8-9	16	0,5	90	-	-	-	4	50	-	-	-	-	I
OC23	AJ	MD	7-8-9	16	0,5	90	-		-	4	50	-	-	-	-	I
OC24	AJ	MD	2-7	16	0,5	90	-	-	-	4	50	-	-	1	-	I
OC27	AJ	MD	7-8-9	16	0,5	90	12,5	32	3,5	4	50	-	-	-	4,5	I
OC28	AJ	MD	7	-	-	90	12,5	60	6	4	50	-	-	-	-	I
OC29	AJ	MD	7	-	-	90	12,5	60	6	4	50	-	-	-	-	I
OC30	AJ	PL	7-8-9	16	0,5	75	10	32	1	-	-	-	-	-	5	I
OC32	AJ	IT	6	5	1	65	100	25	50	< 325		12	-	0,6	60	A
OC33	AJ	IT	6	5	1	65	100	25	50	< 325		24	-	0,8	40	A
OC34	AJ	IT	6	5	1	65	100	15	50	< 325	32	-	-	1,1	30	A
OC37	AJ	IT	1-7	6	1	65	130	30	125	< 325	-	-	45	-	> 12	A
OC38	AJ	IT	8-9	3	20	75	130	30	125	< 325	-	-	45	-	> 12	A
OC44	AJ	PL	3	10	5	75	80	15	10	2	45	225	100	15	-	A
OC45	AJ	PL	2	10	5	75	80	15	10	2	25	125	50	6		A
OC47	AJ	PL	7	10	5	75	80	15	10	2	45	225	100	15	-	A
OC57	AJ	PL	10	0,5	0,25	55	10	3	5	< 100	20	35	-	-	10	B
OC58	AJ	PL	1	0,5	0,25	55	10	3	5	< 100	30	55	-	-	10	B
OC59	AJ	PL	1	0,5	0,25	55	10	3	5	< 100	50	80	-	-	10	B
OC60	AJ	PL	8	2	0,5	55	10	3	5	< 120	-	-	60	-	10	B
OC65	AJ	PL	1	2	0,5	75	80	15	10	-	25	125	40	-	15	C
OC66	AJ	PL	1	2	3	75	80	5	5	< 80	-	-	47	-	10	C
OC70	AJ	PL	10	5	1	75	125	10	10	110	20	-	40	-	10	A
OC71	AJ	PL	1	6	1	75	125	12	10	150	30	75	47	-	10	A
OC72	AJ	PL	7-8-9	16	25	75	165	32	250	125	45	120	-	0,35	8	A
OC73	AJ	PL	6-7	10	1	75	125	30	10	125	-	-	40	0,5	-	A
OC75	AJ	PL	6-7	2	3	75	125	30	10	< 550	65	130	90	-	8	A
OC76	AJ	PL	7	16	25	75	165	32	250	125	30	90	-	0,35	10	A
OC77	AJ	PL	7	16	25	75	165	60	250	100	25	-	-	0,3	10	A
OC110	AJ	IT	1	10	1	-	50	20	10	100	10	20	-	0,3	15	D
OC120	AJ	IT	1	10	1	-	50	20	10	100	20	33	-	0,3	15	D
OC130	AJ	IT	1	10	1	-	50	20	10	100	33	-	-	0,3	15	D
OC160	DR	MD	3-4	-	-	75	60	-	10	100	13	-	-	22	-	-
OC170	DJ	PL	5	6	1	75	100	20	10	< 200	-	-	80	40	-	E

TIPO Nº		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per $I_e = 1mA$			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
p-n-p	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{jmax}	Pc_{max}	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α_{FE}	α_{FE}	α_{FE}	f_{α}	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	μA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
OC200	ST	MD	7	5	1	150	250	20	125	< 0,5	10	60	-	1,8	-	A
OC201	ST	MD	7	5	1	150	250	20	125	< 0,5	20	80	-	6	> 300	A
OC202	ST	MD	7	5	1	150	250	20	125	< 0,5	20	80	-	6	> 300	A
OC204	ST	MD	7	5	1	150	415	20	125	< 0,5	45	120	-	0,35	8	A
OC302	AJ	IT	1	5	1	75	110	15	50	< 250	9	16	-	0,6	-	C
OC303	AJ	IT	1	5	1	75	110	15	50	< 250	16	32	-	0,75	-	C
OC304	AJ	IT	1	5	1	75	110	15	50	< 250	32	120	-	0,9	-	C
OC307	AJ	IT	1	12	–	75	100	30	250	< 250	-	-	30	-	-	F
OC308	AJ	IT	1	12	–	75	100	18	250	< 250	-	-	40	-	12	F
OC309	AJ	IT	1	24	–	75	100	60	250	< 250	25	-	-	-	-	F
OC320	AJ	IT	1	5	–	75	75	15	35	< 325	9	16	-	0,6	-	B
OC330	AJ	IT	1	5	–	75	75	15	15	< 325	16	32	-	0,8	-	B
OC340	AJ	IT	1	5	–	75	75	15	15	< 325	32	120	-	1,1	-	B
OC350	AJ	IT	1	3	–	75	75	10	8	< 325	120	-	-	2	-	B
OC360	AJ	IT	1	5	1	75	75	15	15	< 325	20	-	-	0,8	-	B
OC390	AJ	IT	2-6	5	1	75	75	5	40	< 150	20	-	40	3	-	B
OC400	AJ	IT	2-3	5	1	75	75	5	40	< 150	20	-	75	5	-	B
OC410	AJ	IT	2-6	5	1	75	75	5	40	< 150	20	-	110	10	-	B
OC430	ST	IT	1-2	5	1	150	330	10	50	< 2	10	20	-	1,8	-	B
OC440	ST	IT	1-2	5	1	150	330	30	50	< 2	10	20	-	1,8	-	B
OC450	ST	IT	1-9	5	1	150	330	75	50	< 2	10	-	20	1,8	-	B
OC460	ST	IT	1-2	5	1	150	330	10	50	< 2	20	-	30	6	-	B
OC470	ST	IT	1-2	5	1	150	330	30	50	< 2	20	-	30	6	> 300	B
OC601	AJ	IT	1	4,5	1	75	50	50	20	< 10	-	-	14	0,45	23	A
OC602	AJ	IT-TF	1	1	2	75	50	20	50	125	24	-	35	0,5	14	A
OC602S	AJ	IT	7-8-9	6	2	75	100	27	100	125	–	-	24	0,8	25	A
OC602S	AJ	TF	7-9	6	2	75	100	27	100	125	-	–	35	0,7	15	A
OC603	AJ	IT-TF	10	1	2	75	85	20	20	225	20	150	30	0,6	12	A
OC604	AJ	IT-TF	1	1	2	75	85	30	50	350	50	150	65	0,7	11	A
OC604S	AJ	IT	8-9	6	2	75	175	27	250	350	–	–	50	–	–	A
OC604S	AJ	TF	7-8-9	27	–	75	170	75	250	350	–	–	50	–	–	A
OC612	AJ	TF	2	6	0,5	75	50	15	40	80	–	–	20	> 3	>150	A
OC613	AJ	TF	2	6	0,5	75	50	15	20	100	–	–	–	3,5	–	A
OC615	DJ	TF	4-5	–	–	75	–	–	–	100	–	–	–	30	–	A
OC622	AJ	TF	1	1	2	75	50	15	20	200	20	50	35	0,5	14	C
OC623	AJ	TF	1	1	2	75	50	15	20	300	20	150	50	0,6	12	C
OC624	AJ	TF	1	1	2	75	50	15	20	–	50	150	65	0,7	11	C
OC6014	DR	TF	4-5	6	1,8	75	–	–	–	–	–	–	–	30	–	E
OC6015	DR	TF	4-5	6	0,5	75	–	–	–	–	–	–	–	100	–	E
GSN1	AJ	–	8-9	–	–	–	250	50	10	–	–	–	–	–	–	G
GSN2	AJ	–	8-9	–	–	–	250	50	10	–	–	–	–	–	–	G
TF65	AJ	SM	1	1	2	50	10	10	10	< 300	20	100	50	0,3	10	A
TF65/30	AJ	SM	1-7	1	2	75	10	30	10	< 300	20	100	50	0,3	10	A
TF75	AJ	SM	7-8-9	6,5	125	75	250	13	250	–	–	–	30	1	30	A

TIPO N°		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per I_e = 1mA			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
p-n-p	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{jmax}	$P_{c_{max}}$	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α_{FE}	α_{FE}	α_{FE}	f_α	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	µA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
TF77	AJ	SM	1	–	–	75	–	16	600	–	–	–	–	–	–	-
TF78	AJ	SM	1	–	–	75	–	16	600	–	–	–	–	–	–	-
2N34	AJ	SV	6	6	–	75	50	25	100	150	40	–	–	3	–	A
2N43	AJ	GE	1-6	5	–	100	155	20	300	225	–	–	50	1	–	A
2N43A	AJ	GE	1-6	5	–	100	155	20	300	225	–	–	50	1	–	A
2N44	AJ	GE	1-6	5	–	100	155	20	300	225	–	–	50	1	–	A
2N45	AJ	GE	1-6	5	–	100	155	20	300	225	–	–	22	1	–	A
2N63	AJ	RT	1	6	1	85	100	22	10	500	–	–	22	–	–	-
2N64	AJ	RT	1	6	1	85	100	15	10	500	–	–	45	–	–	-
2N65	AJ	RT	1	6	11	85	100	12	10	100	–	–	90	–	–	-
2N77	AJ	RC	1	4	1	50	35	25	15	225	–	–	55	0,7	–	F
2N104	AJ	RC	1	6	1	70	35	30	50	10	–	–	44	0,7	13	D
2N105	AJ	RC	1	4	1	50	35	25	15	5	–	–	55	0,75	–	B
2N107	AJ	GE	1-6	5	1	60	50	6	10	225	–	–	20	0,6	–	A
2N109	AJ	RC	1-9	1	50	70	50	12	70	10	–	–	70	–	–	D
2N123	AJ	GE	2-7	5	2	85	100	15	125	80	–	–	50	8	–	D
2N139	AJ	RC	2	9	0,5	70	35	12	15	6	–	–	45	4,5	–	D
2N140	AJ	RC	3	9	0,6	70	35	12	15	6	–	–	48	7	–	D
2N175	AJ	RC	10	4	0,5	50	20	10	2	12	–	–	65	0,85	–	D
2N206	AJ	RC	1	5	1	71	75	12	50	10	–	–	49	0,78	–	F
2N215	AJ	RC	1	6	1	70	35	30	50	10	–	–	44	0,7	–	F
2N217	AJ	RC	1-9	1	50	70	50	12	70	10	–	–	70	–	–	F
2N411	AJ	RC	2-3	9	0,6	71	80	12	15	6	–	–	75	10	–	D
2N412	AJ	RC	2-3	9	0,6	71	80	12	15	6	–	–	75	10	–	F
2N413	AJ	RT	2	6	1	85	150	15	200	–	–	–	25	3	–	-
2N413A	AJ	RT	2	6	1	85	150	15	200	–	–	–	25	3	–	-
2N414	AJ	RT	2	6	1	85	150	15	200	–	–	–	30	5	–	-
2N414A	AJ	RT	2	6	1	85	150	15	200	–	–	–	30	5	–	-
2N415	AJ	RT	2-3	6	1	85	150	10	200	–	–	–	45	10	–	-
2N415A	AJ	RT	2-3	6	1	85	150	10	200	–	–	–	45	10	–	-
2N416	AJ	RT	2-3	6	1	85	150	10	200	–	–	–	45	10	–	-
2N417	AJ	RT	2-3	6	1	85	150	10	200	–	–	–	75	20	–	-
2N422	AJ	RT	8-9	6	20	85	180	20	500	–	–	–	50	–	–	-
2N425	AJ	RT	7	0,25	400	85	150	20	400	–	–	–	30	4	–	-
2N426	AJ	RT	7	0,25	400	85	150	18	400	–	–	–	40	6	–	-
2N427	AJ	RT	7	0,25	400	85	150	15	400	–	–	–	55	11	–	-
2N428	AJ	RC	7	0,25	400	85	150	15	400	–	–	–	80	17	–	-
2N544	DR	RC	3	12	1	71	80	18	10	12	–	–	60	30	–	E
2N578	AJ	RC	7	0,3	400	71	120	12	400	3	–	–	15	5	–	F
2N579	AJ	RC	7	0,3	400	71	120	12	400	3	–	–	30	8	–	F
2N580	AJ	RC	7	0,3	400	71	120	12	400	3	–	–	45	15	–	F
2N581	AJ	RC	7	0,3	20	71	80	10	100	1,5	–	–	30	8	–	F
2N582	AJ	RC	7	0,2	20	71	120	12	100	3,5	–	–	60	18	–	F

TIPO Nº		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per $I_e = 1 mA$			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
p-n-p	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{jmax}	Pc_{max}	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α_{FE}	α_{FE}	α_{FE}	f_{α}	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	µA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
2N583	AJ	RC	7	0,3	20	71	80	10	100	1,5	–	–	30	8	–	F
2N584	AJ	RC	7	0,2	20	71	120	12	100	3,5	–	–	60	18	–	F
2N586	AJ	RC	7	0,5	250	85	250	12	250	8	–	–	55	–	–	F
2N591	AJ	RC	1-8	12	2	71	100	32	20	7	–	–	70	0,7	–	F
2N218	AJ	RC	2	9	0,5	70	35	12	15	6	–	–	45	4,5	–	F
2N219	AJ	RC	3	9	0,6	70	35	12	15	6	–	–	48	7	–	F
2N220	AJ	RC	10	4	0,5	50	20	10	2	12	–	–	65	0,85	–	F
2N247	DR	GE	5	9	0,5	71	35	35	10	–	–	–	60	30	–	E
2N265	AJ	RC	1-6	5	0,5	85	75	25	50	12	–	–	110	–	–	A
2N269	AJ	RC	7	–	–	71	120	25	100	–	–	–	–	4	–	F
2N270	AJ	RC	8-9	12	–	71	250	25	150	10	–	–	70	–	–	F
2N274	DR	GE	4-5	9	1	71	35	35	10	16	–	–	60	30	–	H
2N319	AJ	GE	6-8-9	5	–	100	200	20	200	12	–	–	33	2,5	–	-
2N320	AJ	GE	6-8-9	5	–	100	200	20	200	12	–	–	48	2,9	–	-
2N321	AJ	GE	6-8-9	5	–	100	200	20	200	12	–	–	80	3,3	–	-
2N322	AJ	GE	6-9	5	–	85	75	16	50	12	–	–	48	2,9	–	-
2N323	AJ	GE	6-9	5	–	85	75	16	50	12	–	–	80	3,3	–	-
2N324	AJ	RT	6-9	5	–	85	75	16	50	12	–	–	95	3,4	–	-
2N359	AJ	RT	8-9	6	20	85	180	20	500	–	–	–	125	–	–	-
2N360	AJ	RT	8-9	6	20	85	180	20	500	–	–	–	100	–	–	-
2N361	AJ	RT	8-9	6	20	85	180	30	500	–	–	–	70	–	–	-
2N362	AJ	RT	8-9	6	20	85	180	20	500	–	–	–	120	–	–	-
2N363	AJ	RC	8-9	6	20	85	180	35	500	–	–	–	50	–	–	-
2N370	DR	RC	2-5	12	1	71	80	20	10	–	–	–	60	30	–	E
2N371	DR	RC	2	12	1	71	80	20	10	–	–	–	60	30	–	E
2N372	DR	RC	3	12	1	71	80	20	10	–	–	–	60	30	–	E
2N373	DR	RC	2	12	1	71	80	12	10	12	–	–	60	30	–	E
2N374	DR	TS	3	12	1	71	80	12	10	12	–	–	60	30	–	E
2N381	AJ	TS	8-9	12	10	85	200	25	200	12	–	–	50	1,2	–	-
2N382	AJ	TS	8-9	12	10	85	200	25	200	12	–	–	75	1,5	–	-
2N383	AJ	RC	8-9	12	10	85	200	25	200	12	–	–	100	1,8	–	-
2N384	DR	GE	4-5	12	–	71	120	30	10	12	–	–	–	100	–	H
2N394	AJ	GE	2-5-7	5	–	85	150	10	200	5	–	–	20	4	–	-
2N395	AJ	GE	2-5-7	5	–	85	150	15	200	5	–	–	25	5	–	-
2N396	AJ	GE	2-5-7	5	–	85	150	20	200	5	–	–	30	5	–	-
2N397	AJ	RC	2-5-7	5	–	85	150	10	250	5	–	–	30	8	–	-
2N398	AJ	RC	7	5	–	71	50	10	100	12	–	–	–	30	–	F
2N404	AJ	RC	7	6	1	71	150	12	70	10	–	–	35	–	–	F
2N405	AJ	RC	1	6	1	71	150	12	70	10	–	–	35	4	–	D
2N406	AJ	RC	1	6	1	71	150	12	70	10	–	–	35	–	–	F
2N407	AJ	RC	8-9	1	50	71	150	20	70	10	–	–	65	–	–	D
2N408	AJ	RC	8-9	1	50	71	150	20	70	10	–	–	65	–	–	F
2N409	AJ	RC	2	9	1	71	80	12	15	6	–	–	48	6,7	–	D
2N410	AJ		2	9	1	71	80	12	15	6	–	–	48	6,7	–	F

TIPO N°		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per I_e = 1mA			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
p-n-p	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{imax}	Pc_{max}	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α FE	α FE	α FE	f_{α}	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	μA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
OD603	AJ	TF	8-9	6	0,06	75	4	30	3	<0,03	-	-	30	-	-	I
OD604	AJ	TF	8-9	27	0,5	75	2,2	27	2	-	-	-	-	0,4	-	L
TF80	AJ	SM	7-8-9	6	0,3	-	2,5	16	2,5	0,4	-	-	45	-	-	-
TF85	AJ	SM	7-8-9	12	-	-	2,5	32	2,5	0,4	-	-	45	-	-	-
2N68	AJ	SV	8-9	12	-	75	2	15	1,5	0,1	-	-	40	0,4	-	I
2N101	AJ	SV	8-9	12	-	75	1	15	1,5	0,1	-	-	40	0,4	-	I
2N176	AJ	RC	8-9	-	-	90	10	-	-	3	45	-	63	-	-	I
2N235A	AJ	SV	8-9	14	-	90	5	20	3	0,2	-	-	60	-	7	-
2N242	AJ	SV	8-9	14	-	100	25	45	2	0,2	-	-	-	-	5	-
2N250	AJ	SV	8-9	14	-	80	12	30	2	0,2	-	-	60	-	6	-
2N257	AJ	SV	8-9	14	-	85	25	-	-	0,2	-	-	-	-	7	-
2N257	AJ	IT	7-8-9	12,6	0,4	75	-	25	3	2	-	-	60	-	20	I
2N268	AJ	IT	7-8-9	-	-	50	-	50	4	2	-	-	60	-	20	I
2N301	AJ	RC	8-9	14,4	0,7	85	12	20	2	0,22	-	-	70	-	-	I
2N301A	AJ	RC	8-9	14,4	0,7	85	12	30	2	0,22	-	-	70	-	-	I
2N307	AJ	TS	8-9	1,5	-	75	7,5	35	1	0,5	-	-	50	-	3	-
2N325	AJ	SV	8-9	12	-	85	12	35	2	0,2	-	-	40	0,15	-	-
2N351	AJ	RC	8-9	14,4	0,7	90	10	30	3	2	45	65	-	-	-	I
2N376	AJ	RC	8-9	14,4	1,4	90	10	30	3	2	60	78	-	-	-	I
2N378	AJ	TS	7-8-9	14	-	85	15	40	3	0,15	-	-	35	-	7	-
2N379	AJ	TS	7-8-9	28	-	85	15	80	3	0,15	-	-	30	-	7	-
2N380	AJ	TS	7-8-9	28	-	85	15	60	3	0,15	-	-	60	-	7	-

Nella 2ª colonna, oltre alle sigle già definite, si ha:

DR = Transistore « drift » per frequenze elevate
ST = Transistore al silicio

Nella 3ª colonna, oltre alle sigle già definite, si ha:

IT = Intermetall
JP = Tipi giapponesi
MD = Mullard
MY = Mallory
PL = Philips
RT = Raytheon
TF = Telefunken
TS = Tung-Sol

Per la quarta colonna si aggiunga:

10 = Preamplificatore con basso rumore.

Le lettere riferite alle connessioni sono indipendenti nelle due tabelle: in altre parole, mentre le sigle delle varie colonne risultano integrate con le aggiunte sopra elencate, le lettere riportate per le connessioni sono riferite, per ciascuna tabella, ai disegni ad esse allegati.